

# natuur en techniek



9|'84

52<sup>e</sup> jaargang

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



## Bij de omslag

De heidevlinder, *Satyrus semele*, is een van de vele insektensoorten die voor hun bestaan afhankelijk zijn van struikheide als voedselplant. Als rups leeft hij eerst van het blad, als vlinder voedt hij zich met nectar. Vergrassing van de heide, gevolg van overbemesting uit vervuilde neerslag, verdrijft deze karakteristieke soort en daarmee de hagedissen, slangen en vogels die van de insektenrijkdom leven. Zie verder het artikel op pag. 690 e.v.

(Foto: J. v.d. Kam, Griendtsveen).

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht. Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Telefoon: 043-54044\*.

Voor België: Tervurenlaan 62, 1040-Brussel. Telefoon: 0031-4354044.

Advertentie-exploitatie: D. Weijer. Tel. 05987-23065.

Hoofdredacteur: Th.J.M. Martens.

Redactie: Drs. H.E.A. Dassen, Drs. T.J. Kortbeek, J.A.B. Verduijn.

Redactiesecretaresse: T. Habets-Older Juninck.

Redactiemedewerkers: Drs. J.H. Frijlink, A. de Kool, Drs. Chr. Titulaer en Dr. J. Willems.

Wetenschappelijke correspondenten: Ir. J.D. van der Baan, Dr. P. Bentvelzen, Dr.

W. Bijleveld, Dr. E. Dekker, Drs. C. Floor, Dr. L.A.M. v.d. Heijden, Ir. F. Van Hulle, Dr. F.P.

Israel, Prof. dr. H. Janssens, Drs. J.A. Jasperse, Dr. D. De Keukeleire, Dr. F.W. van

Leeuwen, Ir. T. Luyendijk, Dr. C.M.E. Otten, Ir. A.K.S. Polderman, Dr. J.F.M. Post, R.J.

Querido, Dr. A.F.J. v. Raan, Dr. A.R. Ritsema, Ir. G.J. Schiereck, Dr. M. Sluyser, Prof. dr.

J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof. dr. W. J. van Doorenmaalen, Prof. dr. W. Fiers, Prof. dr.

J. H. Oort, Prof. dr. ir. A. Rörsch, Prof. dr. R. T. Van de Walle, Prof. dr. F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, W. Keulers-v.d. Heuvel, M. Verreijt.

Druk.: VALKENBURG offset, Echt (L.). Telefoon 04754-1223\*.

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), DIE UMSCHAU (D), SCIENZA E TECNICA (I) en TECHNOLOGY IRELAND (EI), met de steun van het Directoraat-generaal Informatiemarkt en Innovatie van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.

**EURO**  
ARTIKEL

Abonnementsprijs (12 nummers per jaar, incl. porto): Voor Nederland, resp. België: f 89,50 of 1725 F. Overige landen: + f 35, - extra porto (zeepost) of + f 45, - tot f 120, - (lucht-post). Losse nummers: f 8, - of 150 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari óf per 1 juli, doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar. Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen: Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v. Natuur en Techniek te Maastricht.

Voor België: nr. 000-0157074-31 t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

Bankrelaties: Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.

Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).



ISSN 0028-1093

Een uitgave van

 **Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.**



9|'84

# natuur en techniek

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad

pag. 670-689

SISO 582.9, 588, 679.6



## P.A.G.M. de Smet - Kruiden van hemel en hel - Ritueel gebruik van psycho-actieve stoffen.

Psychoactiva zijn stoffen die op onze geest inwerken, ons bewustzijn veranderen. Het rituele en religieuze gebruik ervan is zo oud als de mensheid. Aandacht wordt besteed aan farmacologische aspecten van verschillende toepassingsvormen, zoals slikken, snuiven en het lavement.

pag. 690-709

SISO 578.1, 633.7



## J.T. de Smidt, J.J.M. Berdowski, A.M.H. Brunsting, G.W.Heil, R. Zeilinga - Hedendaags heidebeheer - Terug naar vroeger.

De heide is langzamerhand aan het verdwijnen. De aantasting wordt veroorzaakt door een overvloed van voedingsstoffen, waardoor grassen een kans krijgen; de heidekever speelt daarbij een sleutelrol. Een goed beheer is erop gericht de heide weer een kans te geven door het beweiden met schapen, afbranden en afplaggen.

pag. 710-721

SISO 599.6, 608.2

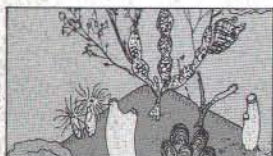


## M.W.A.C. Hukkelhoven, A.J.M. Vermorken - Haarwortelcellen - Haarfijn diagnosemateriaal.

Kanker ontstaat het meest in epitheelweefsel, dat echter zeer moeilijk te kweken is. Dank zij een recent ontwikkelde methode is men echter thans in staat stukjes epitheelweefsel te laten uitgroeien. Zelfs uit één enkele haarwortel kunnen voldoende cellen worden verkregen voor het verrichten van nog andere biochemische bepalingen.

pag. 722-729

SISO 584, 586.6



## P.H. Nienhuis - Japans bessenwier - Aanwinst of plaag?

Het Japans bessenwier is een nieuwkomer in onze contreien. Het werd hier in 1980 voor het eerst vastzittend aan de ondergrond ontdekt en kende meteen daarna een explosieve uitbreiding. De plant kwam op in een nieuw milieu waar nog ruimte was voor een snel groeiende kolonist, met name het Grevelingenmeer. Eigenlijk is het wier eerder een aanwinst voor het meer, zolang het zich niet te agressief gaat gedragen.

pag. 730-743

SISO 546, 608.1, 614.89



## A. Madjidi - Kunstbloed - Alternatief voor bloedtransfusie?

Het behoeft geen betoog dat bloed levensnoodzakelijk is. Bloedtransfusie heeft al talloze levens gered. Toch is de bloedtransfusie niet zonder problemen: bloed of bloedprodukten kunnen niet lang bewaard worden. Daarom zoekt men naar een kunstbloed. Zover is het nog lang niet. Wel is klinisch onderzoek gaande met stoffen die het zuurstoftransport voor korte tijd kunnen overnemen.

pag. II  
pag. 744-751  
pag. 752

Bezienswaardig.  
Actueel.  
Tekst van Toen.



---

## Mannetje, vrouwtje ...

---

Op zaterdag 7 juli j.l. is in het Noorder Dierenpark te Emmen een expositie geopend met als titel 'Mannetje, vrouwtje ...'. Deze expositie maakt onderdeel uit van een groot aantal exposities rond het thema voortplanting, het jaarthema van het Noorder Dierenpark. De expositie duurt tot 30 oktober 1984.

De speelse en bijzondere expositie behandelt onderwerpen als: hoe komt de vrouw aan de man en omgekeerd? Hoe ziet een partner eruit? Hoe weer je mededingers? Wat is de goede plaats en het juiste tijdstip om tot voortplanting over te gaan? Hoe klinkt het liefdeslied van fruitvliegen? Waarom volgt een trouw lustige wolfspinman een zijden draadje? Wat is het verschil tussen een muilnier en een muilezel? Ooit het verleidingsgezag van een veenmol gehoord? En waarom kiezen de meeste (vooral mannelijke) bezoekers uit twee (bijna) dezelfde foto's van hetzelfde meisje altijd die ene foto ...

De expositie is voor bezoekers van het park gratis te bezichtigen. Dagelijks geopend van 9 tot 17.15 uur. Inlichtingen: ☎ 05910-18800

---

## Op eigen wieken

---

Op zaterdag 15 september 1984 organiseert de Organisatie voor Duurzame Energie in Bilthoven een grote markt voor duurzame energie onder de titel: OP EIGEN WIEKEN. Deze dag biedt iedereen die geïnteresseerd is in met name wind- en zonne-energie een groot aantal activiteiten. Voor degenen die zelf aan de slag zijn gegaan met het maken van windmolen of zonnecollector, of dat

van plan zijn, bestaat de mogelijkheid om kennis en ervaring uit te wisselen, vragen te stellen, onderdelen te kopen en de resultaten van anderen te bekijken.

Naast deze specifieke zelfbouwactiviteiten is er veel te zien en te horen voor de algemeen geïnteresseerde. De vele windmolens en zonnecollectoren zijn te bezichtigen, er wordt uitgelegd hoe ze werken en hoe ze gebouwd zijn; ze zullen ook werkend worden gedemonstreerd.

Een groot aantal organisaties, instellingen en verenigingen die op het gebied van duurzame energie aan de weg timmeren zal aanwezig zijn. 's Middags zal in samenwerking met de Werkgroep Energie Discussie een speciaal forum georganiseerd worden met als thema: duurzame energie en het plaatselijke energiebeleid.

De dag duurt van 10.00 tot 17.00 uur en wordt gehouden in De Werkplaats, Kees Boekelaan 10, Bilthoven. Voor kinderopvang is gezorgd. Toegangskaarten van f 5,00 kunnen besteld worden bij de O.D.E., postgiro 4088288 in Utrecht. ☎ 030-331328.

---

## Tropische regenwouden

---

Dagelijks maken wij gebruik van produkten, die afkomstig zijn uit het tropische regenwoud; dagelijks ontdekken onderzoekers nieuwe produkten die van algemeen nut zijn voor de mensheid; dagelijks echter vernietigen wij voor altijd dat tropisch regenwoud met een angstwekkend tempo van 21 ha per minuut! Op die manier zullen in het jaar 2000 enkel nog een klein aantal restanten van dit woud overblijven!

Ten einde deze voortschrijdende vernieling – een ware 'tijdbom' voor de mensheid – stop te zetten, heeft het Wereld Natuur Fonds een tentoonstelling samen-

gesteld, die te bezichtigen is in het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen.

Dagelijks is er om 10.50 uur en om 15.20 uur een nederlandstalige dia-voorstelling van 14 minuten. Het museum is gevestigd aan de Vautierstraat 29 te Brussel en is geopend alle dagen van 9.30 tot 12.30 uur en van 13.30 tot 16.45 uur. ☎ 02-6480475

---

## Egyptische vervalsingen

---

Het namaken van Egyptische kunstwerken is een verschijnsel dat even oud is als de kunstwerken zelf. De Romeinen, die in 30 v. Chr. het Nijldal veroverden, brachten op grote schaal Egyptische antiquiteiten naar Rome en van daar naar alle uithoeken van het Romeinse rijk. Achttien eeuwen later, ten tijde van Napoleon, trekt opnieuw een golf van 'Egyptomanie' over Europa. Door de stijgende vraag kwam een bloeiende handel in Egyptische kunst van de grond en tegelijkertijd een handel vervalsingen daarvan. Veel imitaties, zijn voor het geoeffende oog als zodanig te herkennen. Andere zijn met zo veel vakmanschap gemaakt, dat zelfs deskundigen er door misleid werden. Vorig jaar heeft de Staatliche Sammlung Aegyptischer Kunst in München een groot aantal vervalsingen in een tentoonstelling samengebracht. Deze tentoonstelling, die eerder in München en Hamburg te zien was, kan tot 30 september op de even daar bezichtigd worden in de Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis, Jubelpark 10 te Brussel. De Duitse verzameling is nog aangevuld met stukken uit de eigen collectie van het museum en met foto's. Het museum is geopend van 9.30 tot 12.30 uur en van 13.30 tot 16.30 uur. Inlichtingen: ☎ 02-7339610



**Drs. P.A.G.M. de Smet** ('Kruiden van hemel en hel') werd op 30 juli 1952 in Breda geboren. Hij studeerde van 1970 tot 1979 farmacie te Utrecht. Vanaf 1979 is hij werkzaam bij de Documentatie- en Informatiedienst van de Koninklijke Nederlandse Maatschappij ter Bevordering der Pharmacie te Den Haag en vanaf 1981 is hij hoofd van deze dienst.

**Dr. J.T. de Smidt, Drs. J.J.M. Berdowski, Dr. A.M.H. Brunsting, Drs. G.W. Heil, Drs. R. Zeilinga** ('Hedendaags heidebeheer') zijn allen verbonden aan de Rijksuniversiteit Utrecht en betrokken (geweest) bij het heideonderzoek. Zeilinga, de Smidt en Berdowski zijn werkzaam bij de vakgroep Botanische Oecologie; Brunsting en Heil bij de vakgroep Zoölogische Oecologie en Taxonomie. De Smidt coördineert het heide-onderzoek.

**Dr. M.W.A.C. Hukkelhoven** ('Haarwortelcellen') werd op 24 november 1953 te Echt geboren. Hij studeerde van 1972 tot 1979 biologie (met als hoofdvak biochemie) aan de KU Nijmegen. Hij promoveerde in 1984 aan de KUN. Nu is hij werkzaam bij Organon.

**Dr. A.J.M. Vermorken** ('Haarwortelcellen') werd op 20 mei 1949 te Ukkel geboren. Hij studeerde van 1967 tot 1973 chemie aan de KU Nijmegen, alwaar hij in 1977 promoveerde. Sindsdien heeft hij de leiding van de Werkgroep voor Cellulaire Differentiatie en Transformatie.

**Dr. P.H. Nienhuis** ('Japans bessenwier') werd op 29 oktober 1938 in Groningen geboren. Na zijn biologiëstudie van 1958 tot 1965 aan de VU Amsterdam, ging hij werken op het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke, eerst als bioloog, daarna als werkgroep leider. Hij promoveerde in 1975 te Groningen.

**Prof.dr.med. Abbas Madjidi** ('Kunstbloed') is specialist in de anesthesiologie en de reanimatie aan de Universiteitskliniek te Mainz. Hij houdt zich vooral bezig met onderzoek op het gebied van de shockbestrijding in de ongeval-lengeneeskunde. Hij heeft bovendien proefnemingen gedaan met Fluosol.

## Fte's in het PGM

*De modale lezer van Natuur en Techniek zal inmiddels wel bekomen zijn van de merkwaardige bezigheden die hij/zij de afgelopen maanden samen alle andere modalen en bovenmodalen van de geïndustrialiseerde wereld heeft beoefend. Om bij te komen van het werk zal hij trijp hebben gegeten of schape-ogen in olijfolie. Hij zal betrokken zijn geweest bij een ruzie over de vraag bij welke temperatuur in een in een file wachtende auto een kind echt explodeert, heeft aan enge rotswanden gehangen of zich voortgesleept door bloedhete, door de autochtonen verlaten steden. Of misschien is hij tegen bergen op gefietst die met de auto moeiteloos hadden kunnen worden genomen. Nu al dat 'plezier' achter de rug is en er weer college moet worden gegeven aan ongeïnteresseerde studenten en colleges worden beluisterd van ongeïnteresseerde docenten wordt het tijd alle ellende eens echt te vergeten en de zonnige toekomst in te kijken.*

*In het bijzonder de toekomst van de universiteit dan. Daarbij moeten we natuurlijk niet denken aan een instelling waar studenten geestdriftig worden gemaakt voor wetenschapsbeoefening of waar minimaal een manier van systematisch denken wordt bijgebracht. Nog minder moet het misverstand worden bewaard, dat wetenschapsbeoefening doel is van de toekomstige universiteit. Nee, het doel van de toekomstige universiteit is op zoveel mogelijke manieren zoveel mogelijk geld vinden om zoveel mogelijk mensen in dienst te hebben die op zoveel mogelijk manieren zoveel mogelijk geld vinden enzovoort.*

*Heel lang, zeker drie jaar geleden gold, binne het kader van de aangehaalde broekriem, de herallocatie, de taakverdeling of hoe de besnoeiingen ook werden genoemd, dat goed onderzoek in elk geval moest worden betaald. Voor goed onderzoek was geld.*

*Nu is in eerste aanleg de stelling al aardig omgekeerd. Wat goed onderzoek is blijft nu eenmaal moeilijk te bepalen en alle manieren om zoiets wel te doen hebben tot dusverre tot tamelijk lachwekkende resultaten geleid.*



Waarom zouden we niet, zoals dat bij allerlei andere waar gebruikelijk is, zeggen dat onderzoek dat betaald wordt goed is? Nog maar een klein stapje verder en het hele onderzoeks-begrip kan verdwijnen: betaald worden is goed. Er is een maat (geld) en wat daarmee wordt gemeten doet er niet meer toe, aangezien het allemaal op hetzelfde neer komt.

Wat er in elk geval mee wordt gemeten is een aantal mensen dat van dat geld kan worden betaald. En we zien dan ook overal, dat er allang niet meer in onderzoeksresultaten wordt gesproken als we het over wetenschapsbeleid hebben, maar uitsluitend nog in fte's, of tegenwoordig mje'en. Dit alles, dat begrijpt men, volgens het PGM, waarbij alleen nog niet duidelijk is wat de invloed zal zijn van de aoo's.

Voor degeen die niet geheel thuis is in deze geheimtaal: een fte (full time equivalent) is hetzelfde als een mje (mensjaar-equivalent). Deze rare eenheid wordt gebruikt in het plaatsen-geld-model (PGM) om de modale wetenschappelijke onderzoeker aan te geven die een volledige dagtaak heeft. De overheid betaalt tegenwoordig geen salarissen meer van onderzoekers of docenten, maar fte's of mje'en. Dientengevolge worden onderzoeksprogramma's ook in die eenheid uitgedrukt en voor zover er bij een programma veel dure mensen betrokken zijn is het een probleem voor de universiteiten die op de een of andere manier toch in de fte's te frommelen.

In toenemende mate stelt de overheid ook een totale pot met fte's beschikbaar, hooguit een beetje verdeeld in onderwijs- en onderzoeks-fte's en het belang van een instelling (universiteit, vakgroep, faculteit) kan worden afgemeten aan het aantal fte's dat in de wacht wordt gesleept. Kwalitatief goed onderzoek is dan ook allang geen doel meer op zichzelf, maar een middel om meer fte's te krijgen.

Nu is de pot met fte's groot, maar, net als de broodmarkt bijv., tenslotte beperkt. Tot op dit moment is het streven van de meeste universiteiten en hogescholen er nog vooral op gericht een zo groot mogelijk aandeel te krijgen of te houden in die vaste pot, maar er wordt al driftig rondgekeken naar nieuwe markten waarop fte's te veroveren zouden kunnen zijn.

In een artikeltje in *Beleid en Maatschappij* van juni 1984 worden er wat genoemd. Het

mooiste is als de universiteiten zich naast de besturen van sportclubs zouden opstellen in de strijd om het sponsorgeld. Ik zie het al voor me. Rugreclame in de laboratoria, rechtzaken over de vraag of een resultaat dat is bereikt met een ander merk apparaat dan dat van de sponsor mag worden gepubliceerd. In de met OMO gewassen Petrischaaltjes van het merk Leerdam werd de Organon E.Coli stam onder de Philips elektronenmicroscop bestudeerd.

Andere wegen naar een groter aantal fte's zijn ook een moreel beroep op de maatschappelijke verantwoordelijkheid van ondernemingen om onderzoeksprogramma's te financieren ook al hebben ze daar geen direct belang bij en het scheppen van een sentimentele band tussen afgestudeerden en hun Alma Mater; als ze hun studieschuld hebben afbetaald willen ze misschien wel wat voor hun oude school schokken of, nog beter, namens hun bedrijf een leuk bedrag overmaken.

En al dat onderwijs hoeft natuurlijk ook niet voor niks te worden gegeven. Twintig afgestudeerden die een post-academische cursus komen volgen zijn wel weer goed voor een halve fte. En als het misschien niet zo goed loopt met het contractonderzoek kun je als universiteit misschien de bedrijven langs gaan met een leuk cursusaanbod. Bij afname van drie cursussen een zwaar verzilverd theelepeltje gratis.

Wat een mogelijkheden! Weg met de lauwe kroket in de kantine en op naar het gecapito-neerde restaurant waar zachtvoetige obers met een steak de veau aux cerises de juiste sfeer scheppen om eens vertrouwelijk over een vers partijtje fte's te onderhandelen. Het aantal studenten begint over een paar jaar af te nemen, dus daar hebben we ook geen last meer van. De produktie kunnen we rustig overlaten aan onderzoeksassistenten in opleiding, want daar gaan er een paar van in een fte. Binnen een paar jaar zijn niet meer alleen de hoogleraren vrijwel volledig bezet met het houden van personeel, het zal de voornaamste taak zijn van iedereen aan de universiteit.

Mijn hypothese is, dat de opheffing van de wetenschap niet zal leiden tot de opheffing van het wetenschapsbeleid.

A. de Kool



## Haarkloverij

Behalve als er een wetenschap als cosmetologie bestaat – en al is deze naam hier en nu uitgevonden, zo'n soort multidisciplinaire wetenschap wordt zonder twijfel in de cosmetische industrie op vrij aanzienlijke schaal bedreven – is er vermoedelijk tot dusverre weinig wetenschappelijke belangstelling geweest voor de menselijke haardos. In het artikel van Hukkelhoven en Vermorken op pag. 710 e.v. van dit nummer wordt het begin van een verandering in die belangstelling aangegeven. Haarwortelcellen blijken in bepaalde gevallen bruikbaar te zijn voor diagnostisch onderzoek aan ziekten die op zich niet zo gek veel met het haar te maken hebben; verder bestaat de mogelijkheid, dat de haarcellen voor het opsporen van nog meer ziektes bruikbaar worden.

Op het eerste gezicht lijkt zulk onderzoek een voorbeeld van superspecialistisch priegelwerk – woordspelingen op haarkloverij dringen zich op. Strikt wetenschappelijk gezien is dat misschien ook wel zo en lijkt dit onderzoek een voorbeeld van werk dat ooit de filosoof Karl Jasper tot de verzuchting moet hebben gebracht: "Alles ist wissenswert".

Menige patiënt in, met name een academisch, ziekenhuis zal het hartgrondig met deze stelling oneens zijn. Vooral wanneer ziektebeelden niet echt duidelijk zijn, en dat zijn ze heel vaak niet, worden patiënten soms onderworpen aan het ene onderzoek na het andere. Veel van die onderzoeken zijn, op zijn minst in de ervaring van de patiënt, even ingrijpend als chirurgische ingrepen. De onderzoeken betekenen vaak een wekenlang verblijf in een ziekenhuis, vervoer, al dan niet per brancard, naar een specialistische afdeling, uren wachten, terug naar de verpleegafdeling en wachten op de uitslag; intussen een paar uur of een paar dagen later een nieuw transport naar een onderzoeksafdeling, een nieuwe vaak pijnlijke ingreep, weer wachten. Soms moet er voor een onderzoek worden gevast, soms moet men walgelijke dingen eten, onwel makende medicamenten slikken.

Sommige artsen leggen dan geduldig uit waar het allemaal goed voor is; het komt zelfs voor dat men de patiënt toestemming vraagt voor een onderzoek, maar heel vaak loopt zulk streven stuk op onbegrip bij de patiënt, die bijna instinctief weigert verantwoordelijkheid te aanvaarden voor wat hij niet kan beoordelen en die zich liefst willoos van de ene kliniek naar de andere laat sturen. Of liefst natuurlijk niet, want tegelijkertijd voelt de patiënt zich 'gebruikt', als een slachtdier behandeld.

Het zou een hele verbetering zijn wanneer dit soort ingrijpende onderzoeksmethoden zouden kunnen worden vervangen door eenvoudiger, zoals het simpelweg in een enveloppe opsturen van een paar hoofdharen. Dat zou trouwens de economie van het ziekenhuiswezen ook wel eens op een zeer ingrijpende manier kunnen veranderen. Het zou in elk geval ook de indruk vermijden, die sommige patiënten wel hebben, dat er onderzoek aan hen wordt gedaan met als voornaamste doel de bezettingsgraad van de ziekenhuisbedden op peil te houden.

Maar dit gaat allemaal veel te hard. De mogelijkheden zijn nog zeer beperkt. Evenwel, alle beetjes helpen, en wie had ooit kunnen denken dat haarkloverij zo nuttig zou kunnen zijn.



# KRUIDEN VAN HEMEL EN HEL

P. de Smet  
Den Haag

Ritueel

Sedert eeuwen kennen Zuid-amerikaanse Indianen de opwekkende werking van coca-bladeren. Het roken van de vredespijp is een ander bekend voorbeeld van de toepassing van een plantaardig psychoactief middel. *Psychoactiva* zijn stoffen die op onze geest inwerken, ons bewustzijn veranderen. Het rituele en religieuze gebruik ervan is zo oud als de mensheid.

Met name in Midden- en Zuid-Amerika benutten Indianen nog altijd allerlei planten om in contact te komen met het bovennatuurlijke. Dit artikel geeft daarvan vele voorbeelden en laat zien hoezeer dergelijke tradities verweven kunnen zijn met het leven van de Indiaan. Verder besteden we veel aandacht aan farmacologische aspecten van verschillende toepassingsvormen, zoals slikken, snuiven en het lavement.

Detail van een afbeelding op een klassieke Maya-vaas. Twee figuren knielen voor een god op de troon. Voor de middelste staat een vat met waarschijnlijk een lavement. Boven het vat is een klisteerspuit zichtbaar.

Bij initiatie-riten van de Jivaro-indianen worden lavementen ook tegenwoordig nog wel toegepast om novieten *maikoa*, een hallucinogene drank, toe te dienen.





## gebruik van psycho-actieve stoffen



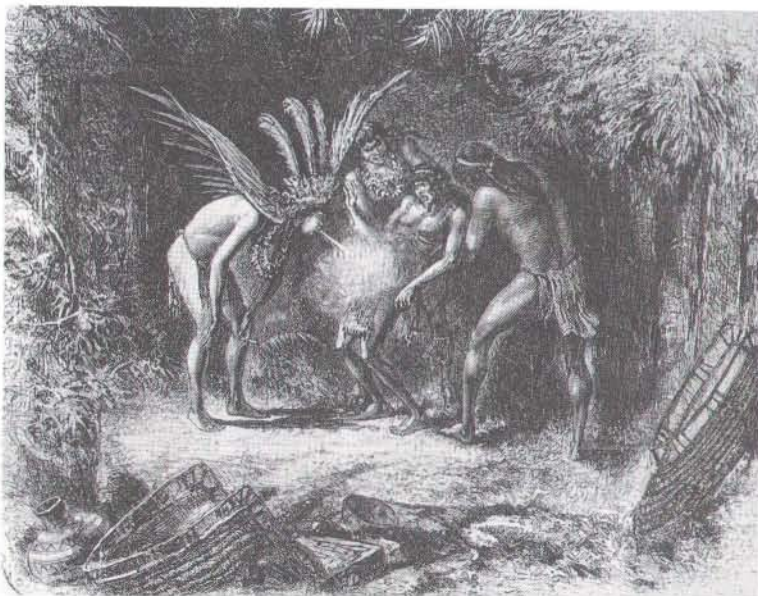


## Kruidenkennis

Nadat de Spanjaarden aan het einde van de 15e eeuw Amerika hadden ontdekt, bezetten zij in de volgende eeuw gebieden als Mexico en Peru. Daar troffen zij volkeren met een hoogstaande beschaving aan, onder andere de Azteken in Mexico en de Inca's in Peru. Deze bleken een grote kennis over de werking van kruiden te bezitten. Talloze planten werden er om hun geneeskrachtige invloed toegepast. Een aantal zou ook in Europa bekend worden en nog eeuwenlang in gebruik blijven. Pas in de 20e eeuw zijn de meeste vervangen door synthetische geneesmiddelen. Een enkele plant, zoals het braakmiddel *ipecacuanha*, heeft nog steeds een plaats in onze geneeskunde.

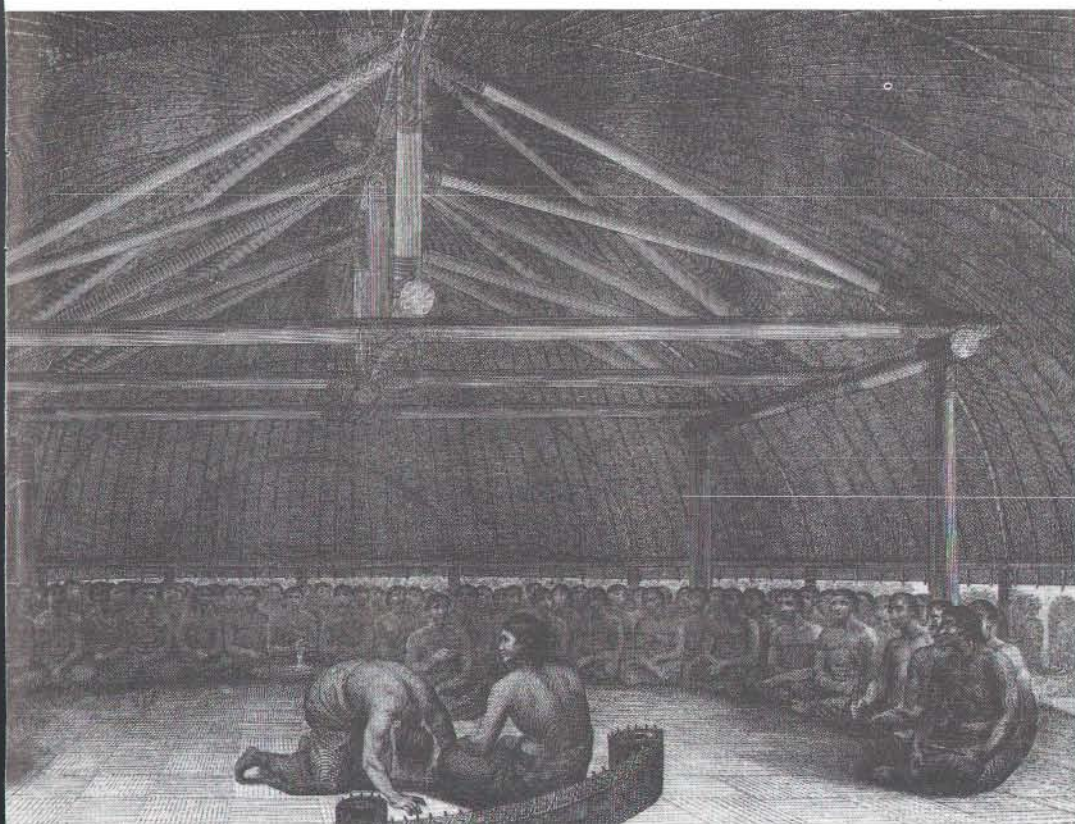
De Spanjaarden merkten dat niet alleen zieke, maar ook gezonde Indianen planten innamen. In het laatste geval ging het niet om een genezend effect, maar om een werking op de geest. De Indianen werden er 'high' van en konden zo gemakkelijker een andere, bovennatuurlijke wereld binnengaan. Anders gezegd, de plant droeg in zulke gevallen bij tot religieuze ervaringen en werd daarom ook vaak als heilig beschouwd. Zo'n plant mocht niet worden gebruikt als alledaags genotmiddel, maar alleen in speciale rituelen.

Rechts: Een kava-ceremonie bij de Tu'i Tonga in Polynesië (1777). Kava is een extract uit de wortels van de struik *Piper methysticum*. Het geeft een behaaglijk en ontspannen gevoel, zonder verdere negatieve bijwerkingen, bij een matig gebruik. Bij elke officiële openbare gebeurtenis werd volgens een strikte etikette het ceremonieel uitgevoerd. Kava had op die manier een grote invloed op het gemeenschapsleven.



Links: In het tropisch regenwoud van Zuid-Amerika worden zelfs tegenwoordig nog veel ziekten behandeld met tabaksmok. Zoals ook op deze oude prent, speelt de medicijnman daarbij vaak een belangrijke rol. Ook bij initiaties komt het veel voor dat de deelnemende jongelingen en mannen elkaar tabaksmok toeblijzen. Tabak heeft hier al van oudsher vooral een rituele en religieuze functie.





### Natuurwetenschappelijke benadering

Het ritueel gebruik van *psychoactieve* planten kan worden bestudeerd vanuit de volkenkunde, de plantkunde, de scheikunde en de farmacologie. De laatste wetenschap houdt zich bezig met de uitwerking van stoffen op levende wezens. Natuurlijk kan alleen de volkenkundige goed aangeven, welke betekenis rituele planten voor de gebruiker hebben. De betekenis van de katholieke mis voor de priester wordt niet duidelijk, wanneer men vertelt dat miswijn wordt bereid uit de wijndruif, dat het werkzame bestanddeel daarin alcohol is en dat deze stof een roes veroorzaakt.

Er is echter een essentieel onderscheid tussen de katholieke priester en de deelnemer aan een Indiaans ritueel. De eerste heeft er geen enkele behoefte aan om tijdens de mis in een roes te komen, maar de tweede is er wel op uit om zijn geest zo te beïnvloeden dat het betreden van

een 'andere' wereld gemakkelijker wordt. Dit is ooit als volgt welsprekend verwoord: "De witte man gaat zijn kerk in en spreekt *tot* Jezus; de rode man gaat zijn tipi in en spreekt *met* Jezus". Door dit verschil is het niet alleen geoorloofd, maar zelfs noodzakelijk om na te gaan, of ritueel gebruikte planten inderdaad die psychoactieve effecten hebben. En dan komt men op het terrein van de farmacologie.

### Farmacologische indeling

Een belangrijke pionier op het gebied van psychoactieve planten is de Duits toxicoloog Louis Lewin (1850-1929) geweest. De volgende indeling van *psychoactiva*, die Lewin al voorstelde wordt nog altijd bruikbaar gevonden:

- slaapgevende middelen (*hypnotica*), bijv. kava;
- roesgevende middelen (*inebriantia*), bijv. alcohol;





- stimulerende middelen (*excitantia*), bijv. tabak;
- euforiserende middelen (*euphorica*), bijv. opium;
- hallucinogene middelen (*phantastica*), bijv. peyote.

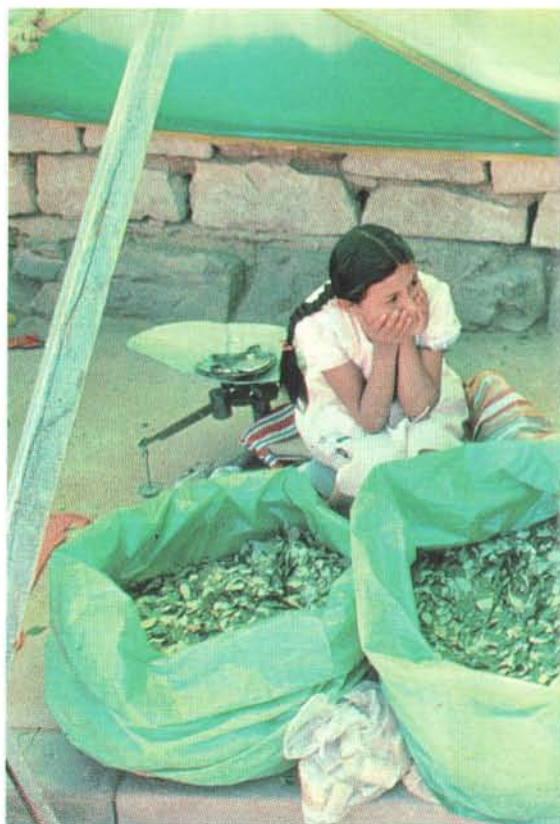
Voor zover bekend namen de Indianen geen echte slaapgevendende middelen om met het bovennatuurlijke in contact te komen. Kava, de belangrijkste vertegenwoordiger van deze groep, wordt niet in Amerika maar in de Stille Zuidzee gebruikt. Stoffen uit de andere categorieën zijn door Indianen wel ritueel toegepast, en worden dat soms nog.

#### *Roesgevendende middelen*

De bekendste roesgevendende stof is *alcohol*. Dit middel grijpt vooral aan op bepaalde delen van de hersenschors, waardoor deze zijn integrerende rol bij denkprocessen verliest. Alco-

holische dranken moeten reeds lang voor de Spaanse verovering bekend zijn geweest. Destillatie was nog onbekend, maar het vergisten van fruit, agave, maïs en honing leverde vele zwak alcoholische brouwsels op.

Uit vroege koloniale bronnen blijkt dat het alcoholgebruik meestal niet dagelijks voorkwam, maar alleen bij speciale feestelijke gelegenheden. Hierbij werkten de feestgangers vaak zulke enorme hoeveelheden naar binnen dat ze er laveloos van werden. Centraal stond echter niet een behoefte aan alcohol, maar de sociale of religieuze betekenis van de festiviteit. Echte alcoholisten kwamen niet of weinig voor. Helaas heeft de komst van de Europeanen met hun 'vuurwater' hierin grote veranderingen gebracht. Oorspronkelijk was het bij de Mexicaanse Azteken alleen bejaarden toegestaan om dronken te worden. Overtreding van deze regel werd zwaar bestraft, soms zelfs met de dood.





### Stimulerende middelen

Het meest bekende voorbeeld van een Indiaans ritueel, waaraan een psychoactieve plant te pas komt, is het roken van de vredespijp. Niet alleen in Noord-Amerika, maar ook in Midden- en Zuid-Amerika is het roken van tabak wijd verbreid. Archeologische vondsten bewijzen dat deze gewoonte al heel oud is. In Europa leerde men de tabaksplant pas kennen, toen deze uit Amerika werd meegebracht.

Het belangrijkste bestanddeel in tabak is *nicotine*. Deze stof is een uitermate giftige plantenbase (*alkaloïde*), waarvan 60 mg voor een mens al voldoende kan zijn om een dodelijke ademhalingsverlamming te krijgen. Het centrale zenuwstelsel wordt door nicotine sterk gestimuleerd, waarbij een dempende invloed kan volgen. De belangrijkste perifere werking bestaat uit het exciteren en vervolgens blokkeren van de ganglia van het onwillekeurige zenuwstelsel.

Doorgaans worden door nicotine geen hallucinaties opgeroepen. Toch beschrijven sommige volkenkundigen dat tabak in Indiaanse rituelen eenzelfde werking kan hebben als hallucinogene planten. Een bevredigende verklaring is hiervoor nog niet gevonden. Blijkbaar hangt het effect van de tabak in zulke gevallen sterk af van niet-farmacologische factoren, zoals bijvoorbeeld een cultureel bepaald verwachtingspatroon. De twee voornaamste inheemse soorten tabak in Amerika zijn *Nicotiana tabacum* en *Nicotiana rustica*. De tabak in onze samenleving behoort tot de eerste soort. Deze bevat minder nicotine dan *Nicotiana rustica*.

Tabak is niet de enige stimulerende plant die door de inheemse bevolking van Amerika is gebruikt. Sommige Zuidamerikaanse Indianenstammen bereiden rituele dranken uit *Paullinia*- of *Ilex*-soorten die een hoog gehalte aan coffeïne hebben.



Linksboven: De sjamaan, of *payé*, van een Yebamasá-dorp brengt veel tijd door met de verbouw en de verwerking van tabaksplanten.

Links: Deze boerendochter verkoopt haar cocabladeren op een markt in La Paz. De meeste Indianen in Bolivia kauen coca, dat op grote schaal verbouwd wordt. Het helpt tegen honger en vermoeidheid.

Boven: Een ceremonieel vat van de Mexicaanse Mixtekencultuur. Het ongeveer duizend jaar oude vat is waarschijnlijk gebruikt voor *pulque*, een alcoholische drank, bereid uit agave.





### Euforiserende middelen

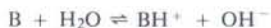
Miljoenen Zuidamerikaanse Indianen kauwen cocabladeren. Archeologen hebben aangetoond dat deze gewoonte in Peru al heel lang bestaat. Het cocablad speelt, in ieder geval tegenwoordig, nog maar een ondergeschikte rol als ritueel middel. Het wordt veel meer gebruikt voor niet-religieuze doeleinden, zoals het verdrijven van honger, koude of vermoeidheid. De twee belangrijkste cocasoorten zijn *Erythroxylum coca* en *Erythroxylum novogratense*. De werkzame plantenbase hierin is *cocaïne*. Deze stof veroorzaakt een gevoel van welbehagen en dankt hieraan in de westerse samenleving een aanzienlijke reputatie als 'drug'. Waarop de werking nu precies berust is nog niet opgehelderd. Wellicht speelt een rol dat cocaïne de heropname van dopamine door hersenneuronen tegengaat en de centrale serotonine-huishouding beïnvloedt.

Eenmalige overdosering van cocaïne roept vergiftigingsverschijnselen als convulsies en hartaritmieën op. Een chronisch gebruik kan tot psychische stoornissen en zelfs tot een psychose leiden. Plotseling staken na langdurige toepassing geeft onthoudingsverschijnselen (vermoeidheid, neerslachtigheid, overmatige eetlust). Bij Indiaanse cocakauwers worden zulke problemen zelden gezien. Zij treden bij-

### INTERMEZZO

## De opname van alkaloïden en de rol van alkali

Een alkaloïde is een base (B) die in waterig milieu een proton kan opnemen en daardoor positief geladen wordt:



Een alkalische toevoeging zal het evenwicht naar links drijven zodat het alkaloïde in mindere mate geladen wordt. Een kwantitatieve benadering is mogelijk aan de hand van de ionisatieconstante ( $K_b$ ):

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

Het nemen van negatieve logaritmen (aangeduid met het symbool p) levert op:

$$\log \frac{[B]}{[BH^+]} = pK_b - pOH$$

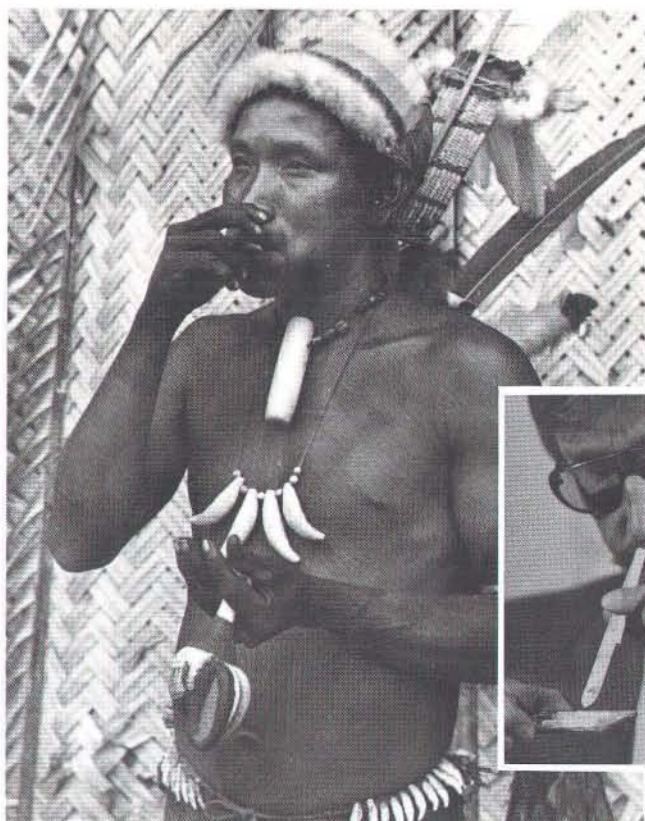
Deze formule geeft de verhouding ongeladen/geladen base, wanneer de zuurgraad van het milieu ( $pOH = 14 - pH$ ) en de  $pK_b$  van de base bekend zijn.

Voor de opname van het alkaloïde in het lichaam is van groot belang dat het alkaloïde zich in ongeladen toestand bevindt. Een stof, zoals bijvoorbeeld cocaïne, wordt namelijk beter door een slijmvlies heen opgenomen naarmate de vetoplosbaarheid van de stof groter is. Een lading verlaagt de vetoplosbaarheid meestal zo sterk dat de opname niet of moeizaam verloopt, zeker wanneer het beschikbare oppervlak van het slijmvlies beperkt is (wangzak, rectum). Toevoegen van alkali, waardoor meer alkaloïde in ongeladen toestand komt, zal dan de opname kunnen



Links: Het gebruik van coca vormt een wezenlijk bestanddeel van de levenswijze van de Zuidamerikaanse Indianen. Het is diep vervlochten met hun religie, geneeskunst, arbeid en tradities. De Makuna-mannen op de foto winnen de cocabladeren. As van de plant midden boven wordt met de gestampte coca vermengd om de opname van cocaïne te verbeteren en de bittere smaak ervan te verzachten.

Rechts: Een Makuna-indiaan in dans-tooi neemt een snuif. De foto geheel rechts toont een Duits onderzoeker die op modieuze westerse wijze cocaïne snuift: met een bankbiljetrolletje van een spiegeltje. De demonstratie vond onlangs plaats, na het onderscheppen van tien kilo zuivere cocaïne uit Colombia. Zuivere cocaïne geeft bij gebruik veel meer negatieve bij- en nawerkingen dan coca-pasta of -poeder.



bevorderen. Dat is dus een van effecten van kalk of plantenas bij het gebruik van coca.

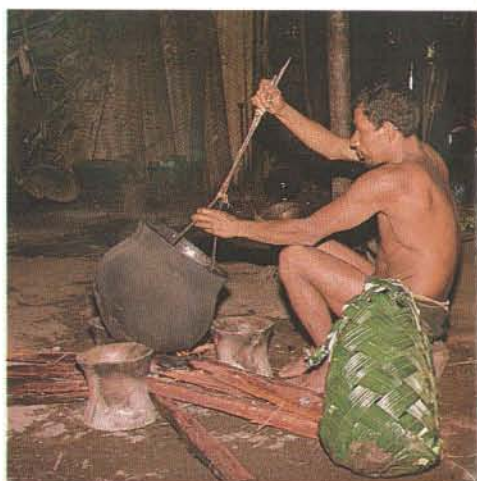
De mate van ionisatie is echter niet de enige invloedrijke factor: de vetoplosbaarheid van het ongeladen alkaloïde speelt natuurlijke ook een grote rol.

TABEL. Ionisatiegraden van een aantal alkaloïden			
	$pK_b$		$pK_b$
Atropine	4,1	Harmine	6,4
Cocaïne	5,4	Nicotine	6,1
Coffeïne	0,0	Scopolamine	6,4

voorbeeld wel op bij de Peruaanse stadsjeugd die een mengsel van cocapasta en tabak (of marihuana) rookt. Cocapasta is een extract dat voor de helft of meer uit cocaïne bestaat. Het verschil in ongewenste effecten bij het gebruik van cocabladeren en cocapasta, is vermoedelijk terug te voeren op een verschil in de geconsumeerde hoeveelheid cocaïne.

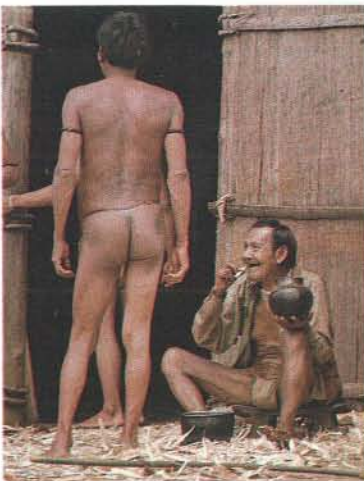
In het Andesgebied is het gebruikelijk om vrij kort op cocabladeren te kauwen en als dan een pruim ontstaat deze in de wangzak te plaatsen. Hierbij wordt regelmatig kalk aan de pruim toegevoegd. In het westelijk stroomgebied van de Amazone worden de cocabladeren vooraf fijngemaakt en gemengd met plantenas. Het resulterende poeder wordt in de wangzak gehouden. De vrijkomende cocaïne wordt gedeeltelijk door het wangslijmvlies heen opgenomen en kan dan zijn werking gaan uitoefenen. Een ander gedeelte wordt met het speeksel doorgeslikt en komt zo in het maag-





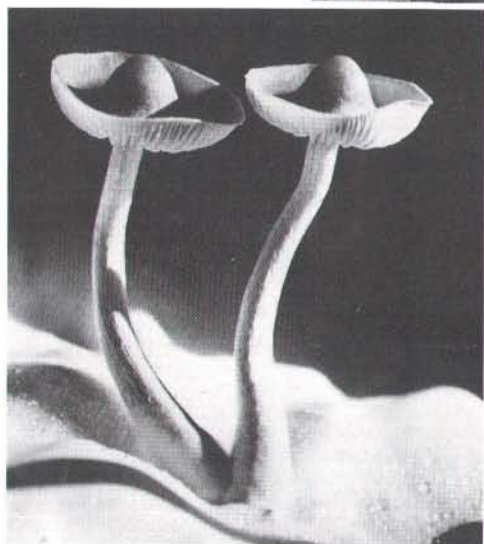


Coca is zeer nauw met de levenswijze van de Amazone-indianen verbonden. De Yebamasá leven aan de Rio Pioparaná in zuidoost Colombia. Ze cultiveren de cocaplant *Erythroxylum coca* voor eigen gebruik, op tijdelijke akkertjes in het oerwoud. Na de oogst worden de geplukte bladeren in het gemeenschapshuis (*maloca*) boven een vuurtje geroosterd (foto's links). Ze worden dan tot een groen poeder verpulverd. Men voegt in een gelijke hoeveelheid de as toe van andere bladeren (onder).



De kleur van het mengsel is bepalend voor de mengverhouding. Beide bestanddelen worden in een zak van bastvezel gestopt (geheel boven) om er het poeder uit te zeven. Daartoe wordt de zak in een lange uitgeholde boomstam heen en weer geslagen (boven). Het fijne poeder dat zich in de buis verzamelt is de coca, die de Yebamasá als ritueel middel toepassen. De Indiaan op de foto links verheugt zich al op het komend gebruik ervan.





Hallucinogene middelen kent men in allerlei culturen, vooral in Midden- en Zuid-Amerika. De oude stenen Maya-beelden (boven) hebben de vorm van een paddestoel. Misschien zijn ze de stylisering van een *Psilocybe*-soort (de foto toont *Psilocybe mexicana*). Deze hallucinogene paddestoelen werden door de Azteken *teonanacatl*, ofwel godenvlees, genoemd.

De foto rechts toont een sjamaan van de Karagassen, een stam in het uiterste noordoosten van Siberië. Om in contact te komen met het bovennatuurlijke maakte zo'n medicijnman gebruik van de vliegenzwam, *Amanita muscaria*. De vliegenzwam, die ook in Nederland algemeen voorkomt, bevat naast het giftige *muscarine*, ook sterke hallucinogene bestanddelen.





darmkanaal terecht. Men heeft lang gedacht dat cocaïne dan niet meer werkzaam zou zijn. Uit recent onderzoek blijkt echter dat cocaïne ook via deze weg effectief is.

Zowel kalk als plantenassen geven bij contact met speeksel een alkalische reactie. Deze toevoegingen kunnen het vrijkomen van cocaïne uit bindingen met plantenzuren vergemakkelijken en de opname van cocaïne in het lichaam bevorderen. Een stof wordt namelijk het beste door een slijmvlies in het lichaam opgenomen, als die stof niet geladen is. Aangezien cocaïne een plantenbase is, vergroot de toevoeging van alkali de hoeveelheid ongeladen cocaïne. Kalk maakt bovendien de bittere smaak van het coca-blad minder onaangenaam.

### *Hallucinogene middelen*

Het westelijk halfrond is zeer rijk aan planten die hallucinogene stoffen bevatten. Zulke planten zijn natuurlijk meer geschikt dan welke andere plant dan ook om de communicatie met het bovennatuurlijke tot stand te brengen. Vooral de Indianen in Midden- en Zuid-Amerika hebben dit ontdekt. Nergens ter wereld wordt een grotere verscheidenheid aan hallucinogene planten ritueel gebruikt dan hier. De volle omvang van deze praktijken is pas deze eeuw duidelijk geworden. Dat heeft meerdere oorzaken. In de Spaanse koloniën (Mexico, Peru e.d.) werd het gebruik van hallucinogene planten te vuur en te zwaard bestreden. De Spanjaarden zagen er, terecht, een geduchte concurrent in voor het christelijk geloof dat zij wilden verkondigen. Dit had tot gevolg dat de oude gebruiken in het diepste geheim werden voortgezet en zich lang aan het oog van de Europeaan hebben onttrokken. In het stroomgebied van de Amazone heeft de ontoegankelijkheid van de tropische regenwouden er lang voor gezorgd dat lang niet alle ritueel gebruikte planten aan het licht kwamen. En nog steeds worden daar nieuwe ontdekkingen gedaan.

Hallucinogene middelen geven een diepgaande ervaring die moeilijk in enkele woorden valt samen te vatten. Een goede beschrijving is te vinden in het beroemde boek *The Doors of Perception* van Aldous Huxley. De term 'hallucinogeen' benadrukt de grote veranderingen die in de zintuiglijke waarneming kunnen optreden. Dit is wat misleidend, want soms staan veranderingen in gedachtenwereld





en in stemming meer op de voorgrond. Lichamelijke verslaving komt bij hallucinogene middelen niet voor: het plotseling staken van langdurige toediening geeft geen onthoudingsverschijnselen.

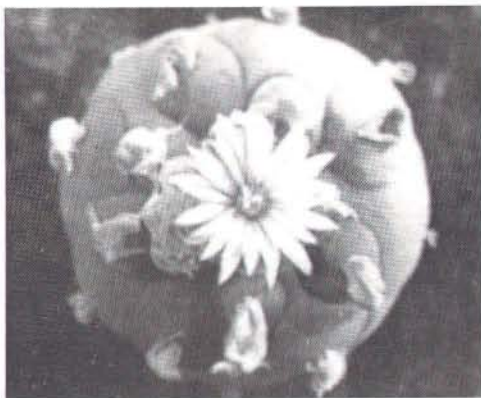
Vele stoffen kunnen een hallucinogene ervaring teweeg brengen. Ze werken niet allemaal even krachtig of even lang en er zijn ook nogal wat verschillen in werkingsmechanismen. Het meest bekende hallucinogeen is ongetwijfeld *lyserginezuur diëthylamide* (LSD). Deze stof is niet afkomstig uit het plantenrijk, maar uit het chemisch laboratorium. LSD werkt perifeer als een antagonist van de neurotransmitter serotonine, maar de centrale werking blijkt anders te zijn. LSD remt in de hersenen de omzetting van serotonine en versnelt die van dopamine, maar de hallucinogene werking is hiermee nog niet afdoende te verklaren.





## Paddestoelen en cacteeën

Volgens oude Spaanse kronieken kenden de Azteken bepaalde planten die zij *teonanacatl* (godenvlees) noemden en die zij innamen om visioenen te krijgen. Een halve eeuw geleden was nog onbekend welke planten dat waren. Sindsdien is ontdekt dat deze rituele planten nog steeds hier en daar door Mexicaanse Indianen worden gebruikt. Het blijkt te gaan om bepaalde paddestoelen, vooral om *Psilocybe* soorten en *Stropharia cubensis*. Deze bevatten de alkaloiden *psilocybine* en *psilocine*, die eenzelfde uitwerking als LSD hebben. Een orale



Links: Paddestoelen van het geslacht *Panaeolus* groeien vaak goed op mest en komen vrij algemeen voor, ook in Europa. Ze bevatten, evenals *Psilocybe*-soorten, maar in mindere de hallucinogene alkaloiden *psilocybine* en *psilocine*.

Rechtsboven: *Lophophora williamsii*, ofwel de peyotecactus. Deze plant was al bij de Azteken bekend om zijn inwerking op de menselijke geest. Hij wordt nog steeds ritueel toegepast, onder andere door de Huichol-indianen in Mexico, wier jaarlijkse pelgrimstocht naar de 'peyote-jachtgronden' het belangrijkste element vormt van hun ideologisch en religieus stelsel.

Links: Een wolschildering van de Huichol-indianen, die de bovenkant van drie peyotecactusen verbeeldt, waaruit het actieve levensprincipe *kupuri* stroomt.

Rechts: Maria Sabina, een beroemde Mexicaanse sjamane van de Mazateken, in een nachtelijke ceremonie (*velada*). Zij gebruikt heilige paddestoelen om in trance te komen.

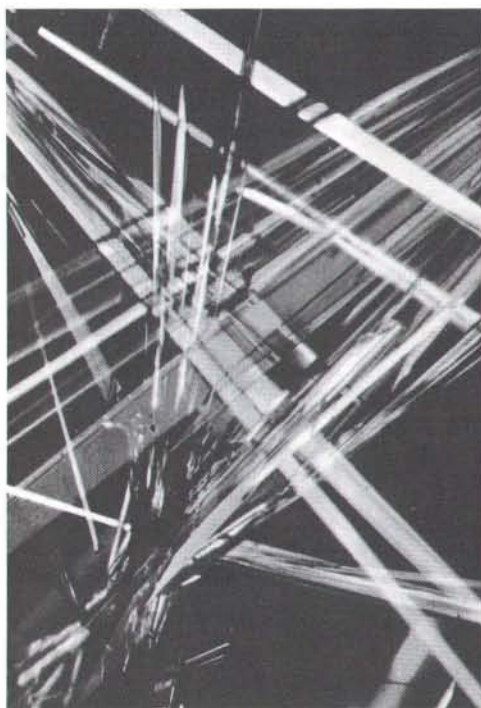


dosis van 6-20 mg psilocybine is al voldoende om een hallucinogene ervaring te geven.

Men vermoedt dat niet alleen de Azteken, maar ook de Maya's hallucinogene paddestoelen kenden. In het Maya-gebied zijn namelijk veel stenen beelden gevonden met de vorm van een paddestoel. Die vondsten variëren in ouderdom van 1000 tot 2500 jaar. In het Westen is de belangstelling voor dit onderwerp aangewakkerd door de boeken van Carlos Castaneda. Deze heeft in de jaren zestig beschreven hoe hij leerling van een Indiaanse tovenaars werd en hoe hij hallucinaties kreeg door paddestoelen te roken. In wetenschappelijke kring

wordt echter algemeen aangenomen dat Castaneda deze belevenissen heeft verzonnen.

Een andere magische plant die de Azteken al kenden, is de peyotecactus ofwel *Lophophora williamsii*. Ook deze plant wordt in Mexico nog steeds ritueel toegepast, vooral door de Huichol-indianen in het noordwesten, die beroemd zijn om hun wolschilderingen. De peyote groeit niet in het Huichol-gebied, maar in een woestijn die daar 500 km vandaan ligt. Om de cactus te oogsten worden jaarlijks pelgrimstochten georganiseerd. Het ritueel gebruik van peyote is ongeveer een eeuw geleden overgewaaid van Mexico naar de Verenigde

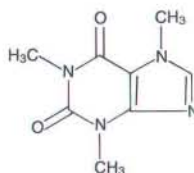
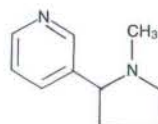


Lyserginezuur diëthylamide (LSD) in kristalvorm. Dit laboratoriumprodukt is verwant aan lyserginezuuramide dat in de graanschimmel moederkoren voorkomt.

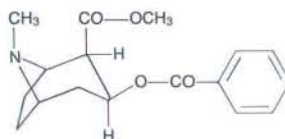
#### Alkaloïden in de besproken psychoactieve planten.

Alkaloïde	Structuurformule
<b>Stimulerende middelen</b>	
Nicotine	
Coffeïne	
<b>Euforiserende middelen</b>	
Cocaïne	
<b>Hallucinogene middelen</b>	
Psilocine: R = OH Psilocybine: R = OPO <sub>3</sub> H	
Mescaline	

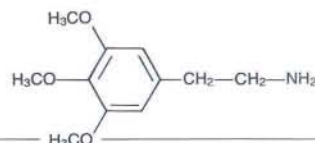
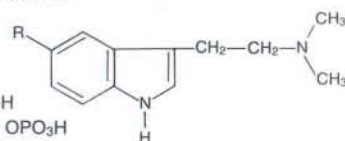
#### Stimulerende middelen



#### Euforiserende middelen



#### Hallucinogene middelen



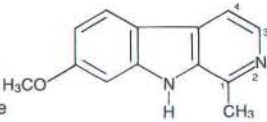
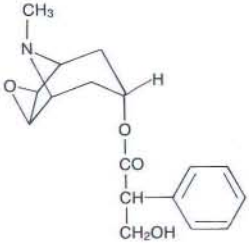
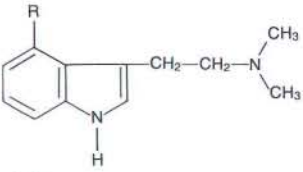


Staten. De Indianen van deze natie ontwikkelden een nieuwe cultus rond de cactus met zowel inheemse als christelijke elementen. Dit stuitte op fel verzet, vooral van kerkelijke zijde. De Indianen verenigden zich toen in een wettelijk erkende geloofsgemeenschap en maakten met succes aanspraak op geloofsvrijheid.

De werkzame stof in de peyotecactus is *mescaline*. Een orale hoeveelheid van 300-500 mg geeft LSD-achtige verschijnselen die urenlang aanhouden. Mescaline komt ook voor in een andere cactus, *Echinopsos pachanoi*, waarvan in Peru een ceremoniële drank wordt bereid.

## Ayahuasca en caapi

Tot de meest interessante Indiaanse rituele bereidingen behoren *ayahuasca* en *caapi*. Deze Zuidamerikaanse dranken worden bereid uit de schors van een *Banisteriopsis*-liaan. Deze bevat de alkaloiden *harmine*, *harmaline* en *tetrahydroharmine*. Zulke stoffen kunnen een hallucinogene werking uitoefenen die duidelijk verschilt van de werking van mescaline. Bij orale toediening zijn hiervoor vrij hoge doses nodig. Zo geeft harmine, de belangrijkste *Banisteriopsis*-base, nog geen echte hallucinaties wanneer 960 mg wordt ingenomen.

Botanische herkomst	Alkaloïde	Structuurformule	Botanische herkomst
<b>Hallucinogene middelen</b>			
Nicotiana-soorten	Harmine Harmaline = 3,4-dihydroharmine Tetrahydroharmine = 1,2,3,4-tetrahydroharmine		Banisteriopsis-soorten
Ilex- en Paullinia-soorten	Scopolamine		Brugmansia- en Datura-soorten
Erythroxylum-soorten	Dimethyltryptamine: R = H		Anadenanthera-, Psychotria- en Virola-soorten
Psilocybe-soorten Stropharia cubensis	Bufotenine: R = OH 5-methoxy-dimethyltryptamine: R = OCH3		
Echinopsos pachanoi Lophophora williamsii			



Ayahuasca-dranken hebben naast *Banisteriopsis*-schors ook vaak andere ingrediënten, zoals *Psychotria*-bladeren. Hierin is de plantenbase *dimethyltryptamine* (DMT) aanwezig. Deze laatste stof is een onbetwist hallucinogeen met een korte werkingsduur. In westerse kringen staat het gebruik ervan daarom wel bekend als een 'businessman's trip'. Een injectie van 50-70 mg geeft een intensieve reactie die een uur aanhoudt. Toediening via de mond is niet effectief. Bij deze wijze van toedienen komt DMT namelijk niet meteen terecht in de grote bloedsomloop die naar de hersenen voert. Eerst moet opname door de darmwand heen plaatsvinden, dan transporteert de poortader de stof naar de lever en pas daarna wordt de grote bloedsomloop bereikt. De darmwand en de lever bevatten echter enzymen die DMT afbreken en het zodoende voortijdig onwerkzaam maken. Vooral *monoamineoxidasen* (MAO) zijn in dit opzicht belangrijk. Nu is uit laboratoriumproeven gebleken dat de alkaloiden van *Banisteriopsis* de activiteit van deze groep enzymen sterk remmen. Men neemt daarom aan dat deze stoffen in ayahuasca ervoor zorgen dat de DMT in deze drank niet voortijdig wordt geïnactiveerd. Voor een eigen hallucinogene werking lijken hun hoeveelheden in het geval van ayahuasca niet toereikend.

### Snuiven

DMT komt niet alleen voor in *Psychotria*, maar ook in soorten van de genera *Anadenanthera* en *Viola*. Deze planten worden in vele Zuidamerikaanse rituelen toegepast. Zij bevatten naast DMT ook het nauw verwante *5-methoxy-DMT*. Deze stof werkt veel krachtiger dan DMT, maar de werkingsduur is weer kort. In *Anadenanthera*-soorten wordt tevens *5-hydroxy-DMT* gevonden, beter bekend als *bufotenine*. Deze stof kan hallucinogeenachtige verschijnselen oproepen, maar toch wordt betwijfeld dat het om een echt hallucinogeen gaat. Bufotenine blijkt namelijk slecht in de hersenen te kunnen doordringen en kan dus moeilijk een centrale werking ontplooiën.

Bij orale toediening worden 5-hydroxy-DMT en DMT voortijdig door MAO-enzymen afgebroken en dit lot treft vermoedelijk ook 5-methoxy-DMT. Anders gezegd, *Anadenanthera* en *Viola* zijn evenals *Psychotria* niet ef-



fectief bij orale toediening. Zuidamerikaanse Indianen hebben voor dit probleem een oplossing gevonden, die minstens zo doeltreffend is als het combineren van *Psychotria* met *Banisteriopsis*. Zij bereiden uit *Anadenanthera* en *Viola* snuifpoeders die met behulp van speciale buizen in de neus worden geblazen of opgesnoven. De alkaloiden behoeven dan niet eerst de darmwand en lever te passeren. Zij worden door het neusslijmvlies heen opgenomen en komen vervolgens rechtstreeks in de grote bloedsomloop.

Niet alleen van hallucinogene planten worden in Zuid-Amerika snuiven bereid, maar ook van tabak en incidenteel van coca. In veel gevallen wordt het plantenpoeder niet als zodanig gebruikt, maar na vermenging met plantenas. Deze alkalische toevoeging heeft bij snuiven dezelfde voordelen als bij het kauwen van coca: de werkzame bestanddelen komen gemakkelijker vrij en kunnen vervolgens sneller worden opgenomen.

### Lavementen

Inname via de mond en neus zijn niet de enige wijzen waarop de Indianen van Midden- en Zuid-Amerika zich psychoactieve planten toe-





Geheel boven: Het winnen van boombast om er de takini-drink van te bereiden. Takini wordt als ritueel middel genomen door de oorspronkelijke bewoners van Suriname.

Boven: Caapi-potten van de Yebamasá-indianen. De ceremoniële drank caapi wordt bereid uit de schors van de lian *Banisteriopsis caapi*, eventueel onder toevoeging van *Psychotria*- of *Brugmansia*-bladeren. Het is een sterk bewustzijnsveranderend middel.

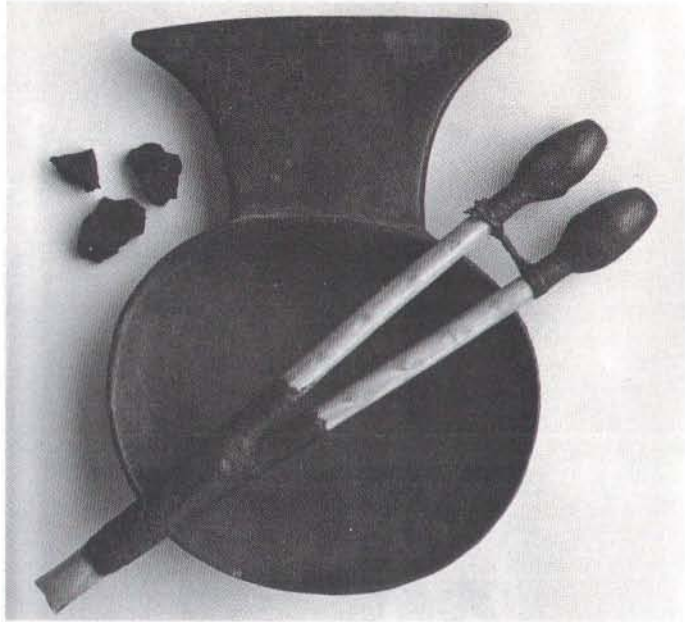
Rechtsboven: *Brugmansia sanguinea*, een plant die erg veel scopolamine bevat. In Ecuador wordt hij zelfs commercieel gekweekt voor de farmaceutische industrie om er scopolamine uit te bereiden. (De tekening is gemaakt door Teza Bates).

dienen of hebben toegediend. Een minder bekende toedieningswijze is het inbrengen van een lavement. Farmacologen hebben lang gedacht dat middelen die zo worden toegediend door het rectale slijmvlies heen worden opgenomen en dan rechtstreeks de grote bloedsomloop bereiken. Uit recente onderzoeken blijkt echter dat rectaal ingenomen middelen grotendeels of helemaal in de poortader komen en dus eerst de afbrekende enzymen van de lever moeten passeren (zie figuur 1). Toediening als lavement is daarom meestal geen goede manier om voortijdige afbraak te voorkomen. Wel bestaat het grote voordeel dat het middel niet kan worden uitgebraakt wanneer de gebruiker zich misselijk gaat voelen. Dit laatste wil in Indiaanse rituelen nog wel eens het geval zijn, want vele planten kunnen in psychoactieve hoeveelheden misselijkheid veroorzaken.

Bij de Jivaro-indianen, zeer gevreesde Zuid-amerikaanse koppensnellers, vindt de volgende initiatieceremonie plaats. De mannen van de stam stellen zich in twee rijen op en houden allen een kommetje met *maikoa* in de hand. Maikoa is een drank, bereid uit een witbloemige plant van het geslacht *Brugmansia*. Het heeft als belangrijkste bestanddeel de halluci-

Rechts: Yopo-snuif en snuifgerei van de Venezolaanse Piara-indianen. De snuif wordt fijn-gestamp op het houten schaal-tje en vervolgens door de benen buisjes opgesnoven. De snuif bevat 1 procent *bufotenine*, wat op een bereiding uit *Anadenan-thera* wijst.

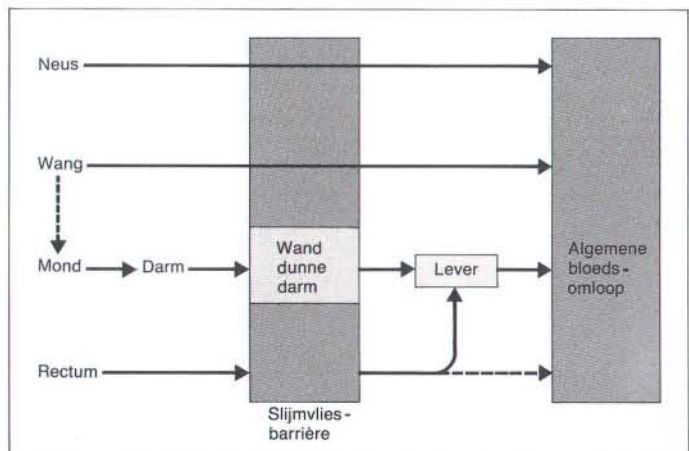
Geheel rechts: Klisterspuiten en een houder. Ze zijn afkomstig uit een archeologisch graf in Bolivia.



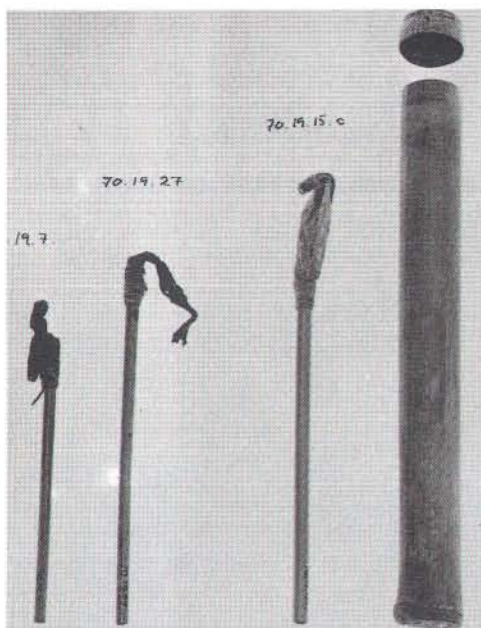
nogene alkaloïde *scopolamine*. De noviet moet uit elk kommetje wat maikoa drinken. In het begin is dit geen enkel probleem, maar gaandeweg wordt het steeds moeilijker, omdat de vergiftiging toeneemt. Wanneer de noviet de eindstreek niet op eigen krachten haalt, krijgt hij de resterende doses als lavement, omdat hij volgens de traditie van elke man een beetje moet ontvangen.

Het ritueel gebruik van lavementen moet reeds zijn voorgekomen tijdens de klassieke periode van de Maya-beschaving (300-900 na Chr.). De zeer kunstzinnige polychrome vazen van deze cultuur geven waardevolle informatie over hun makers. Zo is onlangs ontdekt dat op sommige vazen spuiten en potten voor rituele lavementen zijn afgebeeld (zie de eerste foto van dit artikel). Er zijn meerdere vazen be-

Fig. 1. Eenvoudig schema van de weg die een stof bij verschillende toedieningswijzen kan afleggen om de algemene bloedsomloop te bereiken. De belangrijkste plaatsen waar voortijdige enzymatische afbraak plaats kan vinden, zijn de wand van de dunne darm en de lever.







kend, waarop ook een brakend personage voorkomt. Dit kan verklaren waarom de Maya's lavementen gebruikten.

Er zijn aanwijzingen dat psychoactieve planten ook in Zuid-Amerika reeds lang geleden als lavement werden toegediend. In een graf van een Boliviaanse medicijnman uit 500 na Chr. zijn naast *Ilex guayusa* en tabak ook klistersputten aangetroffen (foto boven).

## Takini

Het ritueel gebruik van psychoactieve planten komt in bepaalde streken van Zuid-Amerika erg veel voor. Ook in Suriname kennen de oorspronkelijke bewoners de stimulerende werking van tabak. Voor zover bekend, gebruiken de inheemse bewoners van deze voormalige kolonie geen hallucinogene planten. Wel is naast tabak de *takini*-drank ritueel in gebruik. Deze drank is het roodbruine exudaat van de heilige takini-boom, vermoedelijk een *Helicostylis* soort.

Farmacologische gegevens hierover zijn nog schaars. In proeven met knaagdieren blijken *Helicostylis*-extracten een dempende invloed uit te oefenen op het centrale zenuwstelsel. Wat dit voor de werking bij de mens betekent is nog onduidelijk en het is nog onbekend welk bestanddeel voor dit effect verantwoordelijk is. Volgens de Leidse anthropoloog Peter Kloos kennen de Indianen zelf wel aan tabak, maar niet aan takini een hallucinogene werking toe.

Takini is één voorbeeld van een middel waar we nog weinig van weten. En er worden nog steeds nieuwe ontdekt. Anthropologisch, botanisch en scheikundig onderzoek leveren regelmatig nieuwe gegevens op over deze zo fascinerende culturele verworvenheden. Over de werkingsmechanismen van vele psychoactieve stoffen is vaak ook nog maar weinig bekend. Hier ligt, farmacologisch gezien, nog een flink terrein braak.

## Literatuur

- Efron, D.H. et al., (1979). *Ethnopharmacological Search for Psychoactive Drugs*. Raven Press, New York.  
 Schultes R.E., Hofmann, A., (1980). *The Botany and Chemistry of Hallucinogens*. Charles Thomas, Springfield.  
 Smet, P.A.G.M. de, (1983). *A multidisciplinary overview of intoxicating enema rituals in the western hemisphere*. J. Ethnopharmacol., 9, pag. 129-166.  
 Volger, G. et al., (1981). *Rausch und Realität - Drogen im Kulturvergleich*. Deel 1 en 2. Rautenstrauch-Joest Museum für Völkerkunde, Köln.

## Bronvermelding illustraties

- Lin Deletaille, Brussel: pag. 670-671  
 Rautenstrauch-Joest Museum, Keulen: pag. 672, 672-673, 687 boven.  
 Karl Georg Scheffer, Heimbach: pag. 674, 678 en 679.  
 Transworld Features, Haarlem: pag. 674-675.  
 Peter de Smet, Den Haag: pag. 675, 682 onder, 687 onder, 688.  
 Tropenmuseum, Amsterdam: pag. 676, 677.  
 A.N.P.-foto, Amsterdam: pag. 677 inzet.  
 British Museum/Museum of Mankind: pag. 680.  
 Archief Natuur en Techniek: pag. 680 inzet, 684.  
 Staatliches Museum für Völkerkunde, München: pag. 680-681.  
 Ruud de Man, Nijmegen: pag. 682 boven.  
 Peter Kloos, Leiden: pag. 686-687.  
 Etnografisch Museum, Göteborg: pag. 689.



# **HEDENDAAGS HEIDEBEHEER**





J.T. de Smidt, J.J.M. Berdowski,  
A.M.H. Brunsting, G.W. Heil, R. Zeilinga  
*Rijksuniversiteit Utrecht*

## TERUG NAAR VROEGER

De heide is langzamerhand aan het verdwijnen. Tenminste als we er niets aan doen. De aantasting wordt veroorzaakt door een overvloed aan voedingsstoffen, waardoor andere planten een kans krijgen; de heidekever speelt daarbij een sleutelrol. Hele stukken worden kaalgevreten en grassen nemen de plaats van de heide in. Een goed beheer is erop gericht de heide weer een kans te geven door het beweiden met schapen, afbranden en afplaggen van bepaalde gedeelten. Hierdoor ontstaat een gevarieerd gebied waarin de karakteristieke planten en dieren van het voedselarme heide-ecosysteem blijvend een geschikte biotoop vinden.



Heidevelden bestaan sinds hun oorsprong in de Jonge Steentijd en de Middeleeuwen uit de dwergstruiken dopheide en struikheide. Deze trage groeiers konden eeuwenlang leven van hetgeen lucht en regen aanvoerden. De sterk toegenomen aanvoer (zure regen) en het niet meer afvoeren van plaggen voor de landbouw hadden overbemesting als gevolg, waardoor het pijpestrootje en bochtige smele zich uitbreidden. De heidekever speelt in deze verschuiving de rol van katalysator.



## Is de heide natuurlijk?

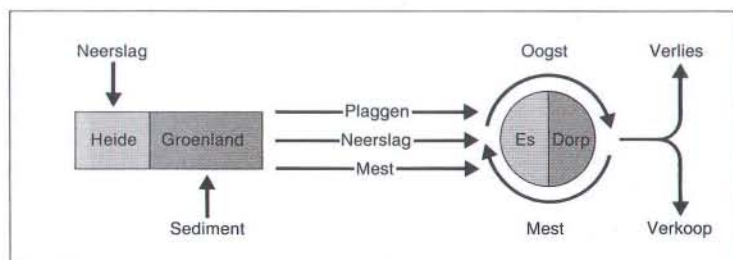
Natuurlijke heide is te vinden vlak aan zee en in het gebergte boven de boomgrens. Die heide is natuurlijk omdat deze niet dicht groeit met struiken en bomen als men haar met rust laat. Omdat de heide alleen op zure grond groeit, ontbreekt zij op de kalkrijke kust ten noorden van Normandië. Maar in de kalkarme duinen ten noorden van Bergen in Noord-Holland is zij weer aanwezig, ononderbroken tot in Jutland. Voor heide aan de boomgrens zijn middelgebergten als de Ardennen niet hoog genoeg; daarvoor moet men naar hooggebergten als de Alpen en Pyreneeën. De half-natuurlijke laaglandheide, die zonder toedoen van de mens langzaam in bos verandert, ligt op enige afstand van de kust tot wel 200 km het binnenland in (zie fig. 1).

De heidevelden op de zandgronden in het binnenland maakten als schapenweide deel uit van oude landbouwsystemen. De oudste ontstonden in de Jonge Steentijd, 5000 jaar geleden. De Hunebedbouwers hakten stukken bos om, lieten de stammen drogen, brandden de boel af en zaaiden in de bemestende as het graan. Als na een paar jaar de grond uitgeput was, werd de akker verlaten en het vee erop geweid. Het bos kreeg hierdoor geen kans en er vestigde zich een heidevegetatie. In de Bronstijd had het heideareaal een aanzienlijke omvang bereikt. De grote uitbreiding kreeg de heide in de vroege Middeleeuwen door de invoering van het potstalsysteem (zie fig. 2). Bij dit systeem houdt men het vee zolang mogelijk op stal. Doel van dit systeem was een zo groot mogelijke produktie van mest in de stal, dus een gemakkelijke vergaring ervan.

De brandakkers uit de Steentijd werden toen verwisseld voor permanente akkers vlakbij het dorp, omdat de boeren het landbouwkundige



Onder: Fig. 2. De nutriëntenkringloop van de akkers op de es naar het dorp en weer terug, was niet geheel sluitend door verkoop van een deel van de oogst en door uitspoeling. Dit werd aangevuld met schapenmest, heideplaggen en hooi uit de beekdalen.







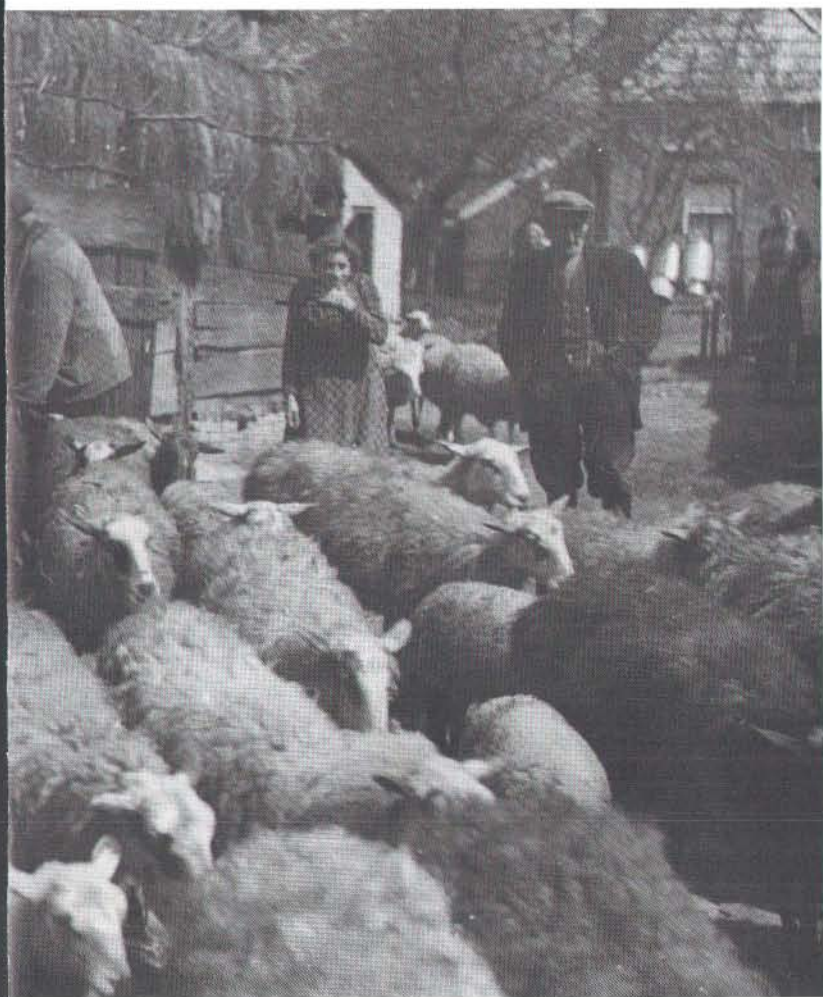
Links: Fig. 1. Het verspreidingsgebied van de laaglandheide. Struikheide (*Calluna vulgaris*) is daarin vaak de meest voorkomende plantesoort.

Onder: Een kudde Schoonebeker heideschape verlaat de stal op weg naar de heide. Elp, 1954.

Rechtsonder: Via zelfgemaakte heidepadjes kunnen de schape het voedsel links en rechts goed bereiken en hebben geen hinder van de warrige heidestruiken.

effect van mestgebruik hadden ontdekt. Vanwege de mest werden schape 18 uur per dag op stal gehouden en 6 uur op de heide. De stikstofhoudende urine werd ook opgevangen door twee maal per week een laag heideplagen in de stal te leggen. Deze werd om zijn uitgediepte bodem 'potstal' genoemd. Het duurde daardoor langer eer de stal met plaggen volgestapeld was.

Dit landbouwsysteem werd op de zandgronden van de Noordwesteuropese laagvlakte van Vlaanderen tot aan Sleeswijk-Holstein toegepast. Ruim duizend jaar dreef de economie van de agrarische samenleving in die streken op het mestleverend vermogen van de heide.



## De schapenweide werd natuurgebied

Een honderd jaar geleden verloor de heide haar landbouwkundige functie door de opkomst van kunstmest. In plaats van meststoffen van de heide af te halen, bracht men er (kunst)mest naar toe. Wat inmiddels woeste grond was gaan heten, werd met kunstmest ontgonnen tot bos, akker of grasland.

De snelle afname van de heide schudde de natuurbeschermers wakker. Door hun acties sinds de jaren dertig is van de 100 000 hectare in België en de 800 000 hectare in Nederland nu 13 000 hectare respectievelijk 40 000 hectare overgebleven.



Aanvankelijk meende men dat verhinderen van ontginning voldoende was. Al spoedig bleek dat in enkele decennia de heide zou dichtgroeien tot een bos van dennen en berken. Met het regelmatig weghalen van boomopslag deed het principe van natuurbeheer in de geschiedenis van de heide zijn intrede. Eerst schoorvoetend omdat men moeilijk de romantische gedachte kon loslaten van een natuur waar de mens van af moest blijven.

In de jaren vijftig werd regelmatig afbranden de gangbare vorm van heidebeheer. Het besef dat hiermee werd teruggegrepen op een handeling uit de tijd dat de heide landbouw-

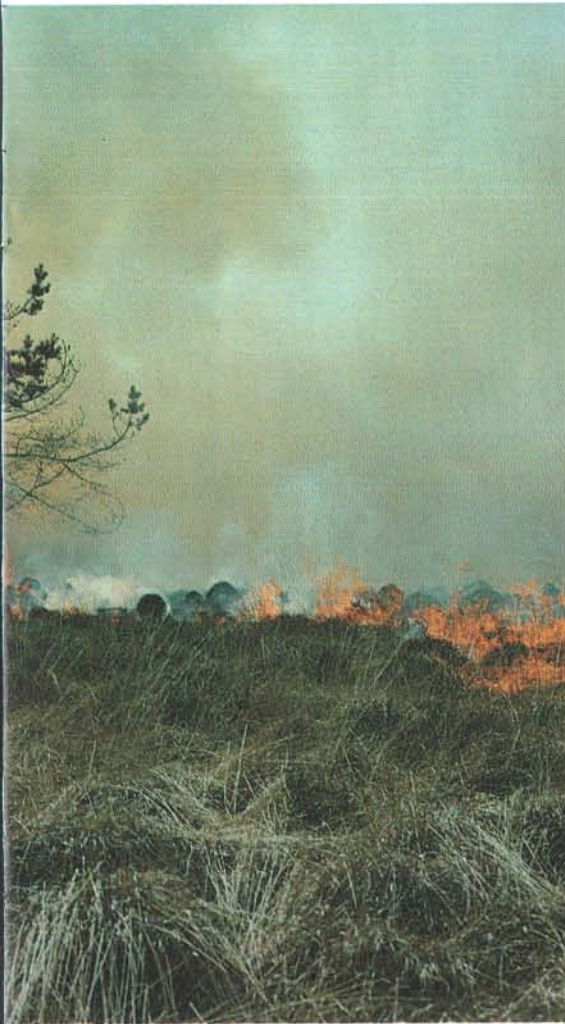


Linksboven: De haarpodzolbodem ontstaat door uitspoeling van mineralen uit de grijze loodzandlaag die zich met humuszuren ophopen in de zwarte laag. Daaronder de onveranderde zandlaag.

Boven: Afbranden, eens in de tien jaar, houdt de heide krachtig en levert voedzame jonge loten voor de schapen.

Rechts: Op het intensief begraasde deel van de Dwingelose heide (schapepaadjes!) treedt geen vergrassing op.





kundig werd gebruikt, leidde er toe dat men ook weer ging maaien en beweiden. Eeuwenlang was de heide zo behandeld, dus dat moest goed zijn. Door niet alles in een keer, maar elk jaar een stuk te branden of te maaien, bereikte men bovendien afwisseling in de hoogte en de dichtheid van de vegetatie. Dit schiep extra leefkansen voor planten en dieren die bijzondere eisen stellen aan de structuur van hun milieu.

### **Zure regen, heidehaantjes en vergrassing**

Tegen de jaren tachtig bleek deze beheervorm echter niet meer te voldoen. Plagen van het heidehaantje traden steeds vaker op en over zeer grote gebieden. Vergrassing van de heide met bochtige smele en pijpestrootje bleek sterk toe te nemen. Het vergraste oppervlak bedraagt nu 8000 ha. Het vergrassingsproces wordt veroorzaakt door een combinatie van factoren, waarvan de opeenhoping van nutriënten (voedingsstoffen) in de heidevegetatie de belangrijkste is.

Deze opeenhoping heeft twee oorzaken. De oudste oorzaak is het wegvallen van het landbouwkundig gebruik van de heide sinds het eind van de vorige eeuw. De afvoer van nutriënten met schapenmest en heideplaggen is toen gestopt. De aanvoer van nutriënten met regenwater ging echter door. Deze werden opgeslagen in de heidestruiken, in het dode plantenstrooisel en in de humus. Weliswaar werd de heide nu en dan afgebrand of gemaaid, maar deze ingrepen waren veel minder intensief dan die van de oude landbouw.



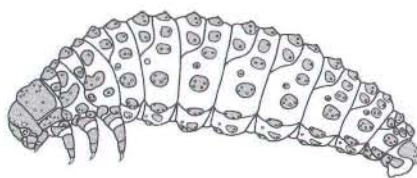
Luchtvervuiling is een nieuwe oorzaak die aan de oude is toegevoegd. Met de zure regen wordt niet alleen zwaveldioxide aangevoerd, maar ook stikstofoxiden en ammoniakgas. De gevormde nitraten en ammonium zijn belangrijke nutriënten.

Voeding van de heide door toevoer uit de lucht is geen nieuw verschijnsel. Eeuwenlang heeft de heide hierdoor kunnen bestaan ondanks de armoede van de zandgrond en de afvoer voor de landbouw. Nieuw is dat de aanvoer uit de lucht is toegenomen tot een veelvoud van de oorspronkelijke 10 kg stikstof per hectare per jaar. Hierdoor treedt overbemesting (eutrofiëring) op.

### Eutrofiëring en grassen

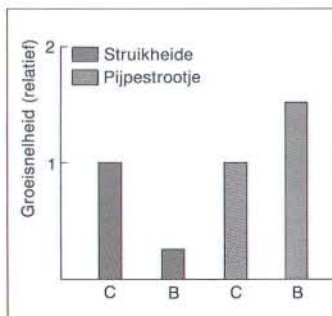
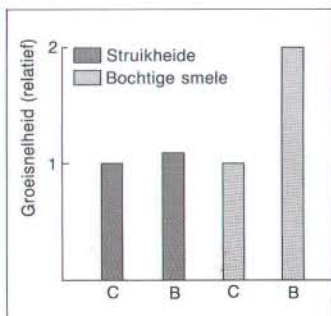
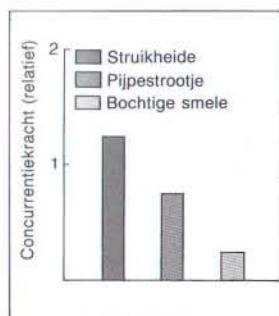
De invloed van stikstof op de vergrassing is aan de hand van bemestingsexperimenten in het veld onderzocht. Deze toonden aan dat, onder bepaalde omstandigheden, een herhaalde bemesting met slechts een geringe hoeveelheid stikstof (tot 30 kg per hectare) een doorslaggevend effect had op de toename van gras. Dit effect nam bovendien toe naarmate de stikstofgift toenam. Grassoorten die in ongestoorde heide in kleine aantallen tussen en onder de struiken voorkomen zoals bochtige smeie, pijpestrootje en ook schapegras, kunnen onder gunstige omstandigheden (voldoende nutriënten, water en licht) sneller groeien dan struikheide en dopheide.

De concurrentie van deze grassoorten neemt toe bij meer nutriënten. Dat houdt in, dat grassen zich uitbreiden ten koste van althans jonge heide als er veel voedsel beschikbaar is en dat heide zich uitbreidt ten koste van gras bij voedselarmoede. Deze concurrentieproces bleken uit een experiment waarbij de ont-

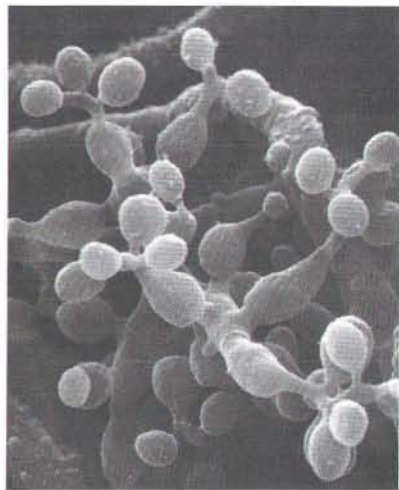
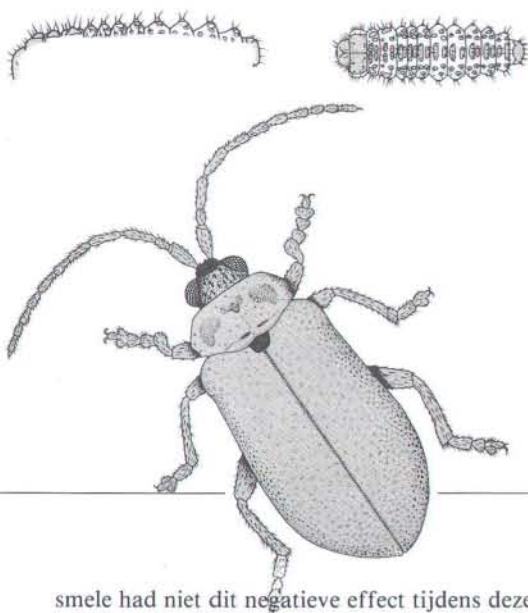


Drie larvenstadia en een volwassen kever van het heidehaantje. Een middel tot biologische bestrijding van het haantje kan de parasitaire schimmel *Beauveria bassiana* (rechts) zijn, die de larven en kevers doodt.

wikkeling in jonge heide werd gevolgd op een voedselarme grond en op een grond waaraan voedingsstoffen waren toegevoegd. Die toevoeging bedroeg evenveel als er vanuit de atmosfeer neerslaat. Op de voedselarme grond had struikheide (*Calluna vulgaris*) de grootste concurrentiekracht, daarna pijpestrootje (*Molinia caerulea*) en als derde volgde bochtige smeie (*Deschampsia flexuosa*) (zie fig. 3). Pijpestrootje heeft het voordeel dat het een diep wortelende soort is. Daardoor kan hij beter dan de ondiep wortelende bochtige smeie, de concurrentie om voedingsstoffen met de heide uit de weg gaan. In de proef op verrijkte grond groeiden zowel pijpestrootje als bochtige smeie veel sneller dan struikheide. Pijpestrootje drukte zelfs struikheide weg. Bochtige







smele had niet dit negatieve effect tijdens deze proef (zie fig. 4).

Op natte heidevelden spelen concurrentieprocessen zich vooral af tussen een andere heidesoort, namelijk dopheide (*Erica tetralix*) en pijpestrootje. Ook daar blijkt uit experimenten dat pijpestrootje wint naarmate meer nutriënten beschikbaar zijn.

In droge en tevens oude heide zijn de concurrentieprocessen het meest ingewikkeld. Daar nemen de grassen niet navenant toe met de beschikbare nutriënten, zoals in eerdervermeld experiment in jonge heide. Het extra voedselaanbod wordt eerst door struikheide opgenomen, zonder dat grassen ervan kunnen profiteren. Als er meer voedsel is dan de heidestruiken kunnen benutten, namelijk als er al

een volledig gesloten bladerdak is, dan wordt een veel grotere hoeveelheid bladstrooisel geproduceerd waarin zich de overvloedige voedingsstoffen bevinden.

Niettemin treedt in oude heide de sterkste vergrassing op. Dat gebeurt echter pas nadat de heide door een calamiteit afsterft. Zomerdroogte en vorstschade zijn zeldzaam en slechts plaatselijk optredende calamiteiten. Plagen van de heidekever zijn echter calamiteiten van grote omvang en vaak hevige kracht. Bovendien treden ze elke vijf tot tien jaar op. Grassen krijgen dan hun kans door het wegvallen van de concurrentie van struikheide en het beschikbaar komen van nutriënten, ruimte en licht. De plaagvormende kever kan echter weer overvallen worden door een eigen calamiteit in de vorm van een dodelijke parasitaire schimmel.

Geheel links: Fig. 3. Struikheide heeft onder voedselarme omstandigheden de grootste concurrentiekracht ten opzichte van pijpestrootje en bochtige sme. De relatieve concurrentiekracht is 1 als individuen van de soort even sterk concurreren met individuen van een andere soort als met die van de eigen soort in mengculture.

Midden en hiernaast: Fig. 4. Struikheide groeit even hard als pijpestrootje of bochtige smele wanneer jonge planten zonder bemesting (C) opgroeien. Bij bemesting groeit jonge struikheide in combinatie met jonge bochtige smele wel iets harder dan zonder mest, maar bochtige smele profiteert er veel meer van. Jong pijpestrootje groeit ook sneller bij bemesting en onderdrukt daarbij bovendien struikheide (B).

### Heidehaantjes

De heidekever (*Lochmaea suturalis*), ook wel heidehaantje genoemd, behoort tot de familie der bladhaantjes (Chrysomelidae). De volwassen kevers zijn ongeveer 6 mm groot en olijfkleurig. De kevers en hun larven eten uitsluitend struikheide. Plagen komen voor in Groot-Brittannië, België, Denemarken, West-Duitsland en Nederland. Struikheide komt weliswaar voor tot in Lapland, Siberië en Portugal, maar aaneengesloten heidevelden vormt



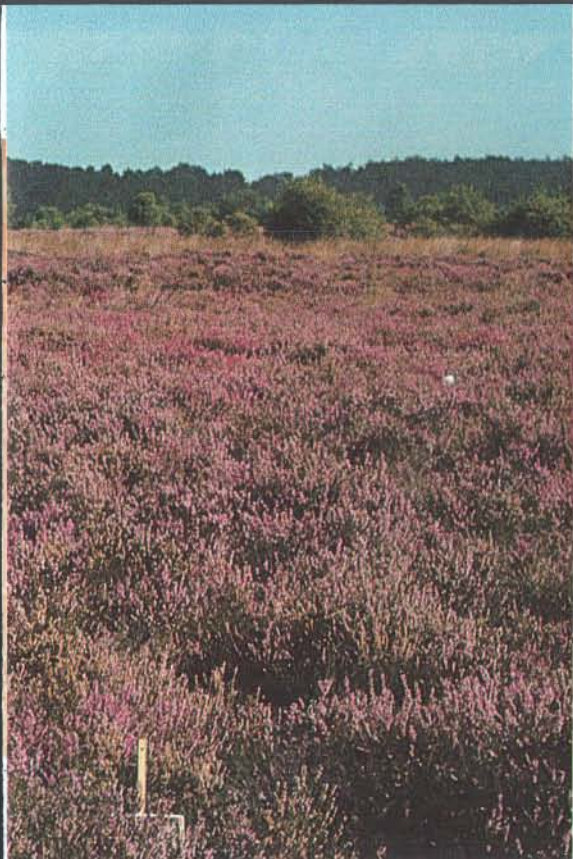


deze soort alleen in de landen rond de Noord-zee. Daar treden ook de keverplagen op.

Er is één generatie per jaar. De volwassen kevers overwinteren in het strooisel. Zodra het wat warmer wordt kruipen ze omhoog en klimmen in de heidestruiken. Op zonnige dagen in april valt de vliegperiode. Tijdens plaagjaren, zoals in 1979-1980 en 1981 verplaatsen de kevers zich massaal. Ze laten zich passief met de wind meevoeren en zijn nauwelijks in staat om hun eigen vliegrichting te bepalen.

Vinden ze in deze periode opnieuw een voedselbron, dan verliezen ze hun bereidheid tot vliegen en breken hun vliegspieren af. Als ze geen voedsel vinden, blijft het vlieggedrag bestaan. Veel kevers zal het desondanks niet lukken om opnieuw een heideveld te vinden. Zo voerde op een warme dag in april 1980 een zachte zuidoostenwind ontelbare zwermende kevers mee, vanaf de Hoge Veluwe de Gelderse Vallei in tot voorbij Putten naar de Eempolders en het Veluwemeer. Misschien heeft een





Op de foto geheel boven is een zes jaar oude rijk bloeiende heide zonder kevervraat of vergrassing te zien. Een jaar na intensieve kevervraat zijn op grote oppervlakken de heidestruiken dood (rechtsboven). Na een keverplaag kan gras zich uitbreiden tot een dichte mat (rechts op de foto hierboven). Herstel van een eenmaal vergraste heide kan alleen via een forse ingreep: machinaal afschillen (zie de foto linksboven) en afvoeren van de grasmatten. Na dit afplaggen keert de heide na drie jaar terug (links op de foto hierboven).



enkele de Gooise heidevelden bereikt, maar het merendeel kwam om in stad, akker, weiland of water.

Met het vinden van nieuw voedsel en het verliezen van het vliegvermogen begint de periode van het leggen van eieren. Larven worden in juni-augustus aangetroffen. De oude kevers sterven en midden augustus kruipen de eerste nieuwe kevers uit hun pop. Ze beginnen te eten en nemen toe in gewicht. Eind november kruipen ze weg in het strooisel om te overwinteren.

Het begin van een plaag kondigt zich in de zomer aan. Er verschijnen bruine plekken in de hei van enkele tientallen vierkante meters. In deze bruine plekken hebben de larven de heideplanten aanzienlijk aangetast. In zo'n 'plaaghaard' kan de dichtheid oplopen tot meer dan 1000 larven per m<sup>2</sup>. De larven zijn weinig beweeglijk, maar de volwassen kevers trekken aan het eind van de zomer uit het centrum van de plaaghaard weg, op zoek naar vers voedsel. Op deze manier ontstaat rond de haard een 'front' waarin meer dan 2000 kevers

per m<sup>2</sup> gevonden zijn. Dit front blijft gedurende de winter, wanneer de kevers weggekropen zijn in de strooisellaag, bestaan.

Zo'n situatie troffen we in voorjaar 1979 aan op de Hoge Veluwe. De vegetatie werd tot 1980 een aantal malen gekarteerd en de keverdichtheid vastgesteld (zie fig. 5).

In het voorjaar van 1979 waren de heidestruiken in de plaaghaard afgestorven, in het front enigszins aangevreten maar nog vitaal. Daarbuiten waren geen kevers en was de heide dan ook onaangetast. Gedurende de voorjaarsvluchten trokken alle kevers weg uit de oude haard en ook de meeste uit het front. Na de vluchten was er een vrijwel gelijkmatige verdeling van kevers over het terrein. Als overblijfsel van de voorheen extreme dichtheden kevers in haard en front waren wel veel dode kevers (300 per m<sup>2</sup>) achtergebleven. Zij waren bedekt met *Beauveria bassiana*, een ziekteverwekkende schimmel bij insecten, die overvloedig sporen verspreidde. De hoge keverdichtheden waren een gunstige omstandigheid geweest voor de uitbreiding van de infectie.

Gedurende de zomer van 1979 ontwikkelde de heidekeverplag zich voorspoedig in het nieuw gekoloniseerde gebied. Vooral de larven vraten zoveel van de heidestruiken dat honderden hectaren heide bruin kleurde en vervolgens afstierf. De bochtige smele profiteerde daarvan en werd dominant.

Merkwaardig was, dat dit niet gebeurde op de plaatsen van de oude 'fronten'. Daar wer-



den minder eieren geproduceerd en er was een hogere larvensterfte, zodat er aan het eind van de zomer vrijwel geen nieuwe kevers uit de pop kwamen. De heidestruiken herstelden zich dan ook volledig. Bij de volgende vliegperiode verlieten nagenoeg alle kevers het aangetaste gebied. Een klein aantal vestigde zich opnieuw in

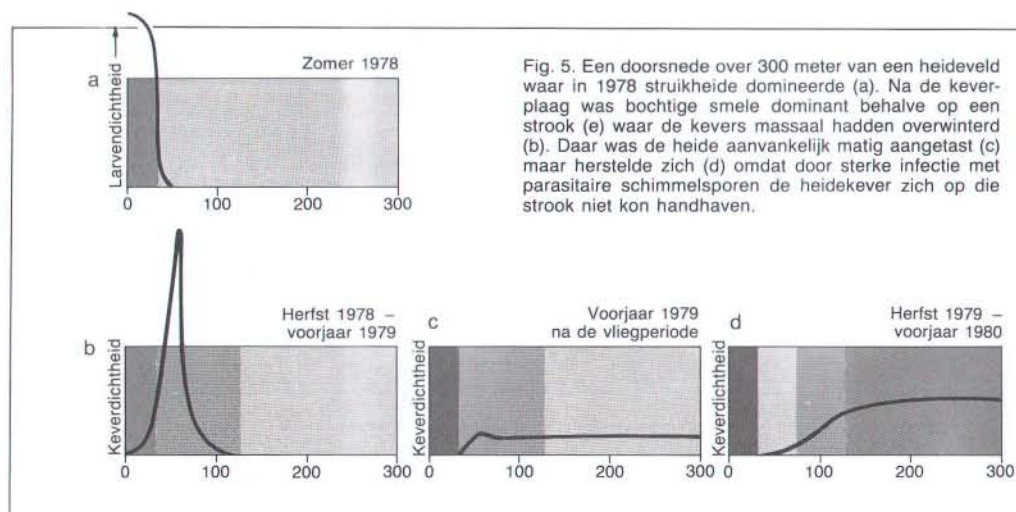


Fig. 5. Een doorsnede over 300 meter van een heideveld waar in 1978 struikheide domineerde (a). Na de keverplag was bochtige smele dominant behalve op een strook (e) waar de kevers massaal hadden overwinterd (b). Daar was de heide aanvankelijk matig aangetast (c) maar herstelde zich (d) omdat door sterke infectie met parasitaire schimmelsporen de heidekever zich op die strook niet kon handhaven.





Links: Een mozaïek van heide en gras in 1984. De op dit heideveld in 1980 sterk aangetaste plekken zijn nu vergrast. Dit mozaïek ontstond na een keverplaag, waardoor de grassen een kans kregen. De plekken heide kwamen de vraat te boven, doordat de kevers hierin geen levenskansen hadden door een grote hoeveelheid dodelijke schimmelsporen.

**TABEL 1. Consumptie en produktie van de heidekever gedurende een plaag (in kg drooggewicht per hectare).**

	Consumptie	Uitwerpselen	Lijken
Kevers (voorjaar)	82	52	7
Larven	344	132	13
Kevers (najaar)	115	84	
Totaal	542	268	20
Schapen	350		

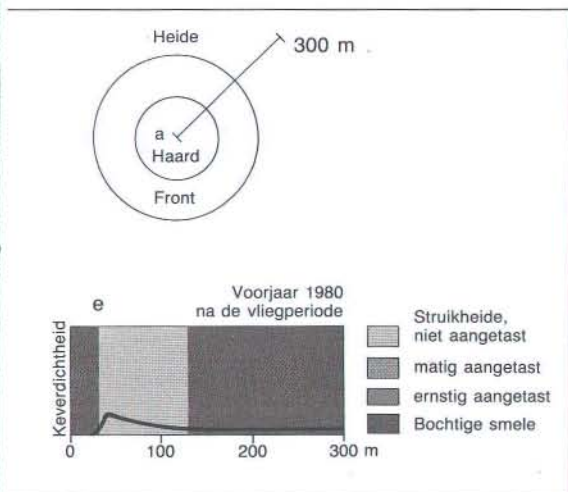
het voormalige front, dat nu een vitale heideplek was temidden van gras. Toch bouwde de kever daar in 1980 niet opnieuw een grote populatiedichtheid op. Blijkbaar was de daar achtergebleven hoeveelheid schimmelsporen nog te hoog. In het laboratorium bleken de sporen dodelijk te zijn voor de kevers en lar-

ven. Het in 1979 en 1980 ontstane patroon (een mozaïek van grassen en heidestruiken) is ook nu, in 1984, nog precies eender aanwezig.

Het plaagverloop is hierboven vrij uitvoerig geschetst. Uit dit verloop volgen dan ook een paar belangrijke conclusies: het toont aan dat heidekeverplagen een belangrijke rol spelen bij de vergrassing, al moeten er wel grassen aanwezig zijn. Waar de vraat sterk was, vergraste de hei, waar plaatselijk grote sterfte onder de larven had geheerst, handhaafden zich de heidestruiken.

Een andere conclusie is dat het gevormde vegetatiepatroon uitsluitend verklaard kan worden uit het plaagverloop. De migraties van kevers en de plaatselijke sterfte hebben dit patroon bepaald. Het toont het belang aan van de wisselwerking tussen planten en dieren voor de ecologische processen in het landschap.

Ten derde toont het aan dat heidekeverplagen bestreden kunnen worden met een biologische methode. De betreffende schimmel is goed te kweken en waarschijnlijk zeer soortspecifiek werkzaam. Vroegtijdige verspreiding van de schimmel in plaaghaarden kan de vergrassing van de heide wellicht een tijdlang voorkomen.





Geheel boven: De klokjesgentiaan verdwijnt als de heide met pijpestrootje vergrast.

Boven: De gevlekte orchis komt voor in de natuurlijke heide op de Waddeneilanden. Hier komt geen vergrassing voor en op slechts enkele plekken kunnen bomen groeien.

Rechts: Struikheide (*Calluna vulgaris*), symbool voor bloei in armoede.

Geheel rechts: Groen bekermos (*Gladonia chlorophaea*) vult kleine open plekken tussen de heidestruiken, maar verdwijnt met de andere korstmossen en mossen als er een dichte grasmat komt.







### *Grazende kevers*

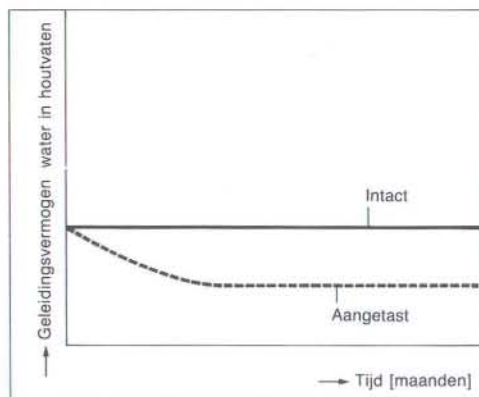
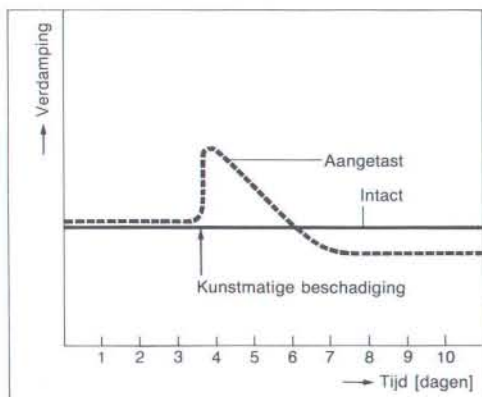
Om een indruk te krijgen van de hoeveelheden nutriënten die tijdens een keverplag aan de heidestruiken worden onttrokken en vervolgens de bodem bemesten, zijn hiervoor metingen gedaan. In het veld is dat moeilijk uitvoerbaar. Daarom zijn 'grazende' larven en kevers in het laboratorium gehouden bij een nagebootst microklimaat met dag- en nachtfluctuaties en seizoensverschillen. De kevervraat in een plagperiode blijkt intensiever te zijn dan begrazing door een kudde schapen met normale kudde-grootte (zie tabel 1).

Gegevens over het aantal plagen sinds het begin van deze eeuw wekken de indruk dat ze aanvankelijk elke tien tot twintig jaar optraden, maar nu bijna elke vijf jaar. Dat zou het gevolg kunnen zijn van een in deze eeuw toegenomen gehalte van de heide aan voedingsstoffen als gevolg van voortgaande accumulatie en grotere toevoer met de neerslag. Kweekproeven met larven lieten zien dat ze op bemeste heide veel sneller groeiden en ook een hoger eindgewicht bereikten. Een snelle groei maakt het kwetsbare larvenstadium minder gevoelig voor parasieten, schimmelplogen en andere roofvijanden. Een hoog gewicht betekent bij insecten doorgaans ook een hogere vruchtbaarheid. Toevoer van voedingsstoffen kan dus de kans op heidekeverplagen vergroten.

### **Struikheide en kevervraat**

De vraag rees waarom heide begrazing door schapen goed verdraagt, maar door kevers vaak niet overleeft. Na een vraatperiode kleurt





de heide roestbruin. Dit geeft de indruk dat de heide door acute verdroging dan dood is. De planten leven echter nog en hebben geen tekort aan water. Bij nagebootste vraat (zie fig. 6) blijkt dat al na twee dagen de aangetaste planten minder verdampen dan intacte planten.

Op langere termijn echter kunnen problemen met de vochtvoorziening toch een rol spelen. Het geleidingsvermogen voor water in de houtvaten neemt na enkele maanden af (zie fig. 7). Dit wijst op binnendringen van lucht in de vaten via de bladwonden, waardoor het watertransport wordt geremd. Dit kan bijdragen aan de feitelijke sterfte die aan het eind van de winter plaats vindt, dus een half jaar na de vraat (zie fig. 8).

Bij het waterprobleem komt in die periode ook nog een tweede ernstig probleem, namelijk een tekort aan reservestoffen. De kaal gevreten planten kunnen namelijk in de winter niet, zoals de intacte planten doen, doorgaan met de fotosynthese en dus suikers vormen. Ze moeten wachten tot het voorjaar met nieuw bladgroen te maken om het fotosyntheseproces te hervatten.

Uit proeven met nagebootste vraat blijkt (zie fig. 9) dat planten zonder blad eerder en meer reservestoffen uit de wortels verliezen dan intacte planten. Ook de wortelgewichten nemen sneller af. Het lot van de aangevreten planten aan het eind van de winter wordt dus bezegeld door gebrek aan energie (suikers), terwijl juist extra energie nodig is om de blokkades in het transportsysteem te overwinnen en de sapstroom op gang te brengen waarmee de plant zich zou kunnen herstellen.

### Vergrassing van de heidevegetatie

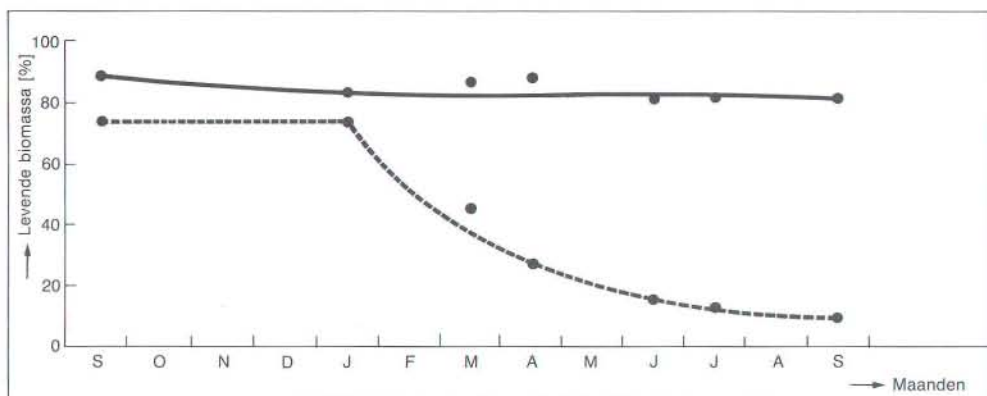
Tot zover is het duidelijk geworden dat vergrassing van de heide optreedt door het vrijmaken van de opgezamelde nutriënten tijdens een keverplaaig, het tegelijkertijd uitschakelen van de concurrentie door struikheide en tevens beschikbaar komen van licht en ruimte voor grassen. Hoe duidelijk deze samenhang van factoren ook is, in de natuur zijn meer factoren werkzaam. Die brengen variaties aan op bovengeschetst proces.

Zij kwamen aan het licht door op twee terreinen van samen 130 hectare het effect van de

Boven, van links naar rechts: Fig. 6. 7 en 8. Bij kevervraat kleurt wel het heideblad bruin maar de plant als geheel heeft slechts twee dagen watertekort (fig. 6). Toch is het transportsysteem voor water in de planten beschadigd, zoals blijkt uit het sterk verminderde geleidingsvermogen (fig. 7). Dit draagt bij tot de feitelijke sterfte die vertraagd plaatsvindt, een half jaar na de vraat (fig. 8).

Rechts: Fig. 9. Gebrek aan reservestoffen draagt ook bij aan sterfte. Kaalgevreten planten zijn door hun reserves heen voordat ze volgend voorjaar nieuw bladgroen kunnen maken. Deze bladloze planten treft hetzelfde lot als planten met blad in het donker die wel reserves verbruiken maar geen nieuwe kunnen aanleggen, omdat ze het daartoe benodigde zonlicht moeten ontberen.

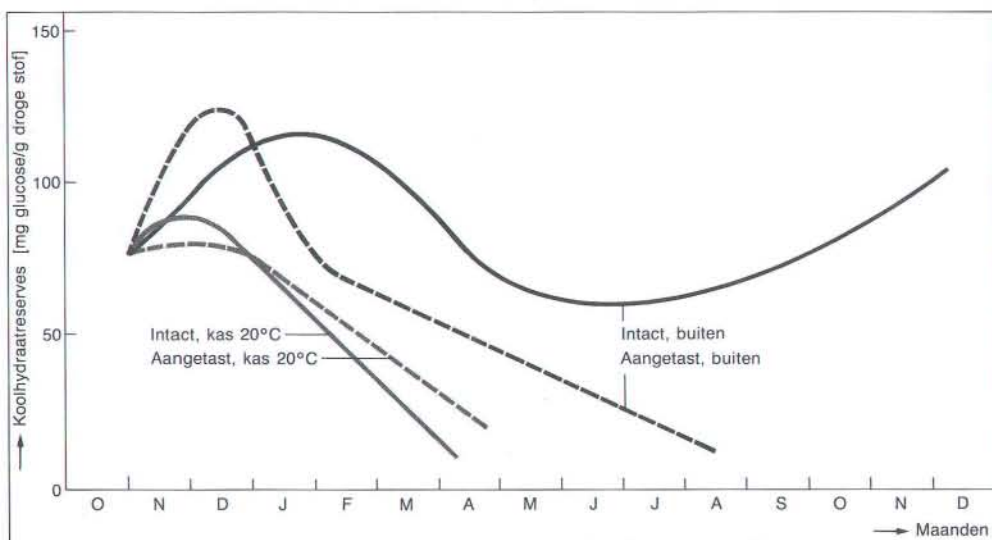


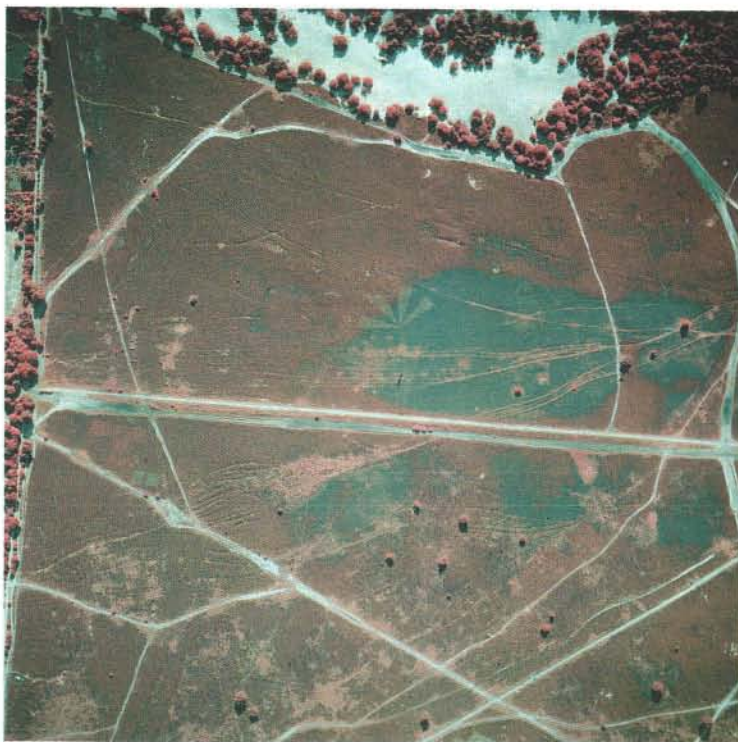


keveraantasting gedurende vier jaar te volgen met nauwkeurige vegetatiekartering en lucht-fotografie. Dit gebeurde op de Hoorneboegse heide van de Stichting Gooisch Natuurreservaat en op het Oudreemster Veld van de Stichting Nationaal Park Hoge Veluwe. Uit deze proef op de som moest blijken of de laboratorium- en proeftuinexperimenten de veranderingen op landschapsschaal konden verklaren. Dat was niet het geval. Er bleken nog drie factoren werkzaam te zijn: het bodemtype, de leeftijd van de struikheide en de afstand tot de naastgelegen grasplanten.

Van beide terreinen was een nauwkeurige

bodemkaart gemaakt waaruit bleek dat er drie bodemtypen op voorkomen: een zeer voedsel-arm type dat haarpodzol wordt genoemd, een iets minder arme holtpodzol en een overgangstype tussen deze twee. Voordat de keverplaag in 1979/1980 begon stond pure struikheide op de arme haarpodzol en zowel heide met gras in de ondergroei als puur gras op de minder arme holtpodzol en het overgangstype (zie fig. 10, kaart 1). De aantasting door de heidekever is op beide bodemtypen gelijk. Wel bleek in het jaar na de aantasting dat 80 procent van de vergraste plekken op holtpodzolbodem en op overgangstype lag (zie kaart 2). Dat betekent





dat de optelsom van ophoping van voedingsstoffen uit de neerslag en opname uit de bodem op holtpodzol eerder het voor grassen gunstige niveau bereikt dan op haarpodzol. Het betekent echter ook, dat zelfs het allerarmste bodemtype (de haarpodzol) de heide niet meer voor vergrassing vrijwaart. Dat blijkt uit de 20 procent van de nieuwe grasplekken die op dat bodemtype liggen.

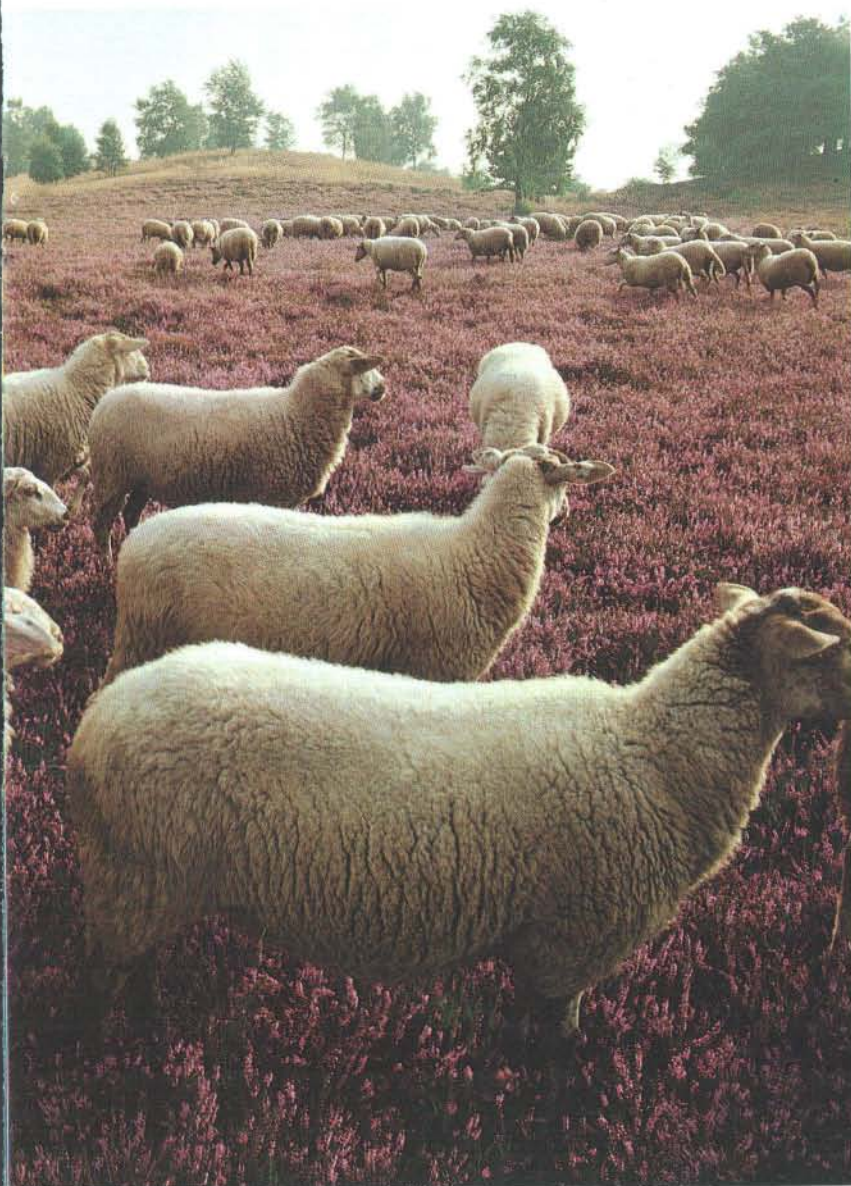
Om de veranderingen in het heide-graspatroon te kunnen begrijpen is meer nodig dan de bodemkaart. In de twee opeenvolgende plaagjaren 1980/1981 trad op de Hoorneboegseheide op veel plaatsen voortgaande aantasting op, maar op sommige plaatsen herstel (zie kaart 3). Op plaatsen waar struikheide in staat bleek om over de aantasting heen te groeien was de heide zes, hoogstens tien jaar oud. Na die leeftijd blijkt het herstelvermogen van struikheide sterk af te nemen.

Tenslotte bleek ook de afstand tot grasplekken die al voor de plaag aanwezig waren, van invloed op de patroonvorming. Hoe meer gras al aanwezig was in of vlak bij een aangetaste

-  Haarpodzol
-  Holtpodzol
-  Overgangstype
-  Min of meer gesloten struikheidevegetatie
-  Struikheidevegetatie met gras in ondergroei
-  Gesloten grasmat



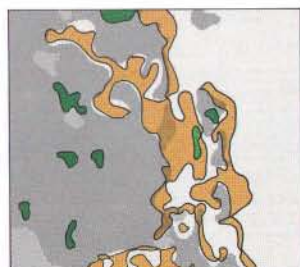




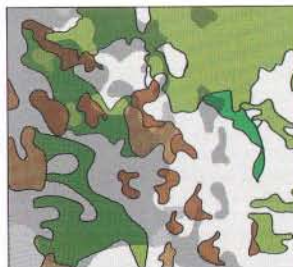
Geheel links: Een infra-rood foto van een deel van de Hoorneboegse heide (schaal 1:6200). Naarmate planten meer bladgroen bevatten worden ze duidelijker rood weergegeven. Rose is gras (bochtige smele) met veel groen blad. Roodbruin is levende struikheide. De grijze vlek middenonder is door keveraantasting afgestorven struikheide. De stervormige figuur iets boven het midden is een maaiproef. Wit is stuifzand, met rode vliegdennen, de witte lijnen zijn zandpaden.

Links: Heideschappen verhinderen dichtgroei en met boomopslag en houden het heidedek vitaal en gesloten, waardoor vergrassing wordt voorkomen.

Onder: Fig. 10. Op deze drie kaartjes van 450 x 450 m (20 ha) van de Hoorneboegse heide is het effect van de heidekever te zien. In 1979/1980 bevindt zich de grasrijke heide en puur gras vooral links op de holtpodzol. De verschuiving naar meer gras tijdens het eerste plaagjaar 1980 (kaart 2) is links te zien, maar ook rechts op de armere haarpodzol. Het vergrassingspatroon wordt extra ingewikkeld (kaart 3) omdat minder sterk aangevreten en jonge heidestruiken zich in het tweede plaagjaar 1981 al weer herstelden, terwijl sterk aangevreten en oudere planten verder afsterven en ruimte geven aan gras.



■ Niet veranderd  
 ■ Van struikheide naar struikheide met grasondergroei  
 ■ Van struikheide met grasondergroei naar gesloten grasmatt



■ Verdere aantasting  
 ■ Van 20-40% naar 60-100% aantasting  
 ■ Van 0-20% naar 20-40% aantasting  
 ■ Herstel  
 ■ Van 60-100% naar 40-60% aantasting  
 ■ Van 60-100% naar 20-40% aantasting



plek, hoe groter de kans dat er een gesloten grasmat ontstaat. Onderzoek naar de verspreiding van zaad van bochtige smeie toont aan dat bijna al het zaad binnen twee meter van de moederplant op de grond komt. Bovendien bleek dat vrijwel al het graszaad zijn kiemkracht heeft verloren voordat het volgende voorjaar aanbreekt.

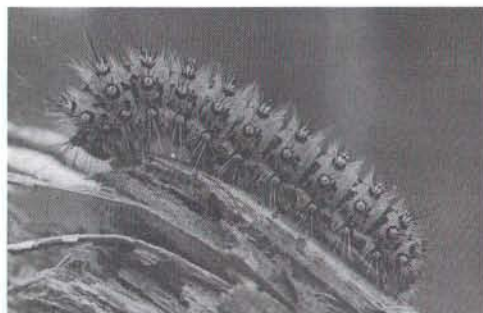
Door de eigenschappen van het gras kan in de droge heide de vergrassing slechts stapsgewijs optreden. Na elke keverplaag kan een grasplek zich uitbreiden en kunnen zich hier en daar enkele nieuwe grasplanten vestigen. Dit proces verloopt met kleine stappen die niet worden opgemerkt, tientallen jaren lang. Tenslotte treedt een fase op waarin de vergrassing zichtbaar wordt. Door de exponentiële toename doet het proces zich dan als haast onstuitbaar aan ons voor.

### Beheer richten op afvoer van nutriënten

Het niet meer afvoeren van voedingsstoffen door het verlaten van het heide-landbouwsysteem, terwijl de toevoer uit de lucht doorgaat (en in verhevigde mate sinds de lucht is ver-

vuild) maakt het noodzakelijk voor een goed heidebeheer om opnieuw te gaan afvoeren. Dit kan door beweiden met schapen (1 à 2 schapen per hectare) en door eens per 5 à 10 jaar afbranden of afmaaien (zie tabel 2). De grote hoeveelheid stikstof in de huidige neerslag kan echter problemen geven. Die leidt waarschijnlijk tot extra vorming van strooisel. Omdat met maaien en beweiden geen strooisel wordt afgevoerd, moet misschien vaker gebrand en geplagd worden.

Op plaatsen waar weinig beheer in de laatste decennia is toegepast zijn zoveel nutriënten opgehoopt, vooral in de strooisel-humuslaag, dat teruggegrepen moet worden op het oude landbouwgebruik van plaggenwinnen om deze hoeveelheid te verkleinen. Met speciaal daarvoor ontwikkelde machines kan precies de benodigde dikte worden afgeplagd. Die precisie is nodig om niet zoveel achter te laten dat grassen toch weer nummer één worden. Maar ook te dik plaggen wordt daarmee vermeden, om het karakteristieke bodemprofiel, de heidepodzol, niet te beschadigen en om de resten en sporen niet te vernietigen die prehistorische bewoners op de velden hebben achtergelaten.



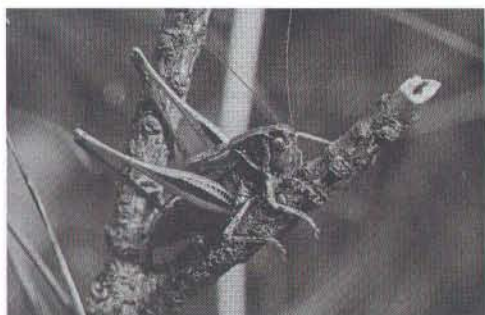
TABEL 2. De toevoer resp. afvoer aan nutriënten per hectare (in kg).

	Ca	Mg	Na	K	P	N
Toevoer met neerslag te Witteveen 1956-1966 (KNMI)	58	43	137	21	11	101
Toevoer met neerslag gemiddeld Nederland 1974-1984	—	—	—	—	—	200
Afvoer met beweiden (in 10 jaar)	80	4	4	12	4	40
Afvoer met maaien (per keer)	24	10	6	55	4	89
Afvoer met branden (per keer)	28	12	—	43	7	150
Afvoer met plaggen (per keer), recente cijfers van het RIN	44	15	6	66	65	1106





Struikheide is voedselplant voor veel diersoorten, o.a. voor de nachtpauwoog in het rupsstadium (geheel links-onder). De driehoornmestkever (foto daarnaast) leeft op de heidevelden met herkauwers als schapen en herten. Hij legt zijn eieren in begraven mest, dat als voedsel voor de larven dient.



Groentjes (geheel boven) zoeken als vlinder honing in de bloemen nadat ze als rups van de groene plantendelen hebben geleefd. Sprinkhanen (hierboven) leven in alle stadia van het levende groen van de heideplanten.

Deze sinds enkele jaren toegepaste methode lijkt veelbelovend. De nieuwe begroeiing bestaat uit veel heide en weinig gras. Of de karakteristieke mossen, levermossen en korstmossen zullen terugkeren, kan pas over enkele jaren worden vastgesteld. Deze langzaam groeiende organismen hebben meer tijd nodig en de heide moet hen eerst wat beschutting bieden. Omdat 15 jaar oude (met de hand) geplagde proefveldjes zich goed hebben ontwikkeld, ligt een goede afloop voor de hand. De liefhebber van het in augustus/september bloeiende heidelandschap hoeft echter niet zo lang te wachten. Na 3 tot 5 jaar is het paarse heidedek er weer.

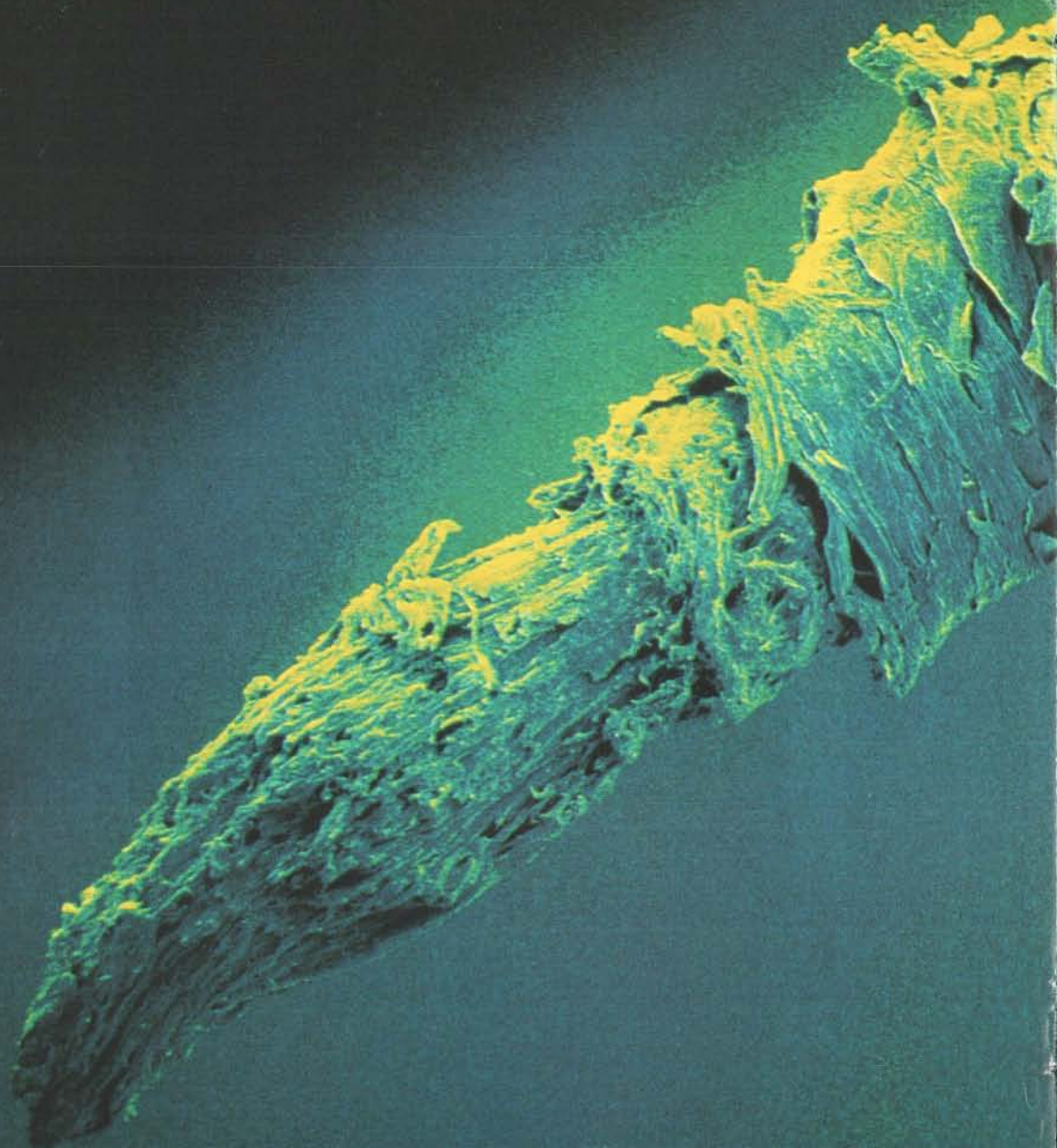
Een onopgelost probleem is nog, wat de beste afmeting is voor een afgeplagd stuk. De machines kunnen, als het moet over aaneengesloten gebieden van tientallen hectaren de heideplag eraf schillen. Voor vogels, zoogdieren, reptielen en de meeste ongewervelde dieren ontstaat dan een onbewoonbare vlakte. Voor karakteristieke soorten als korhoen, zandhagedis, levendbarende hagedis, adder en vele insecten is deze leegte even ongeschikt als de vergraste heide.

Deze dieren doen het goed als er een mozaïek is van open en gesloten heide en van lage en hoge vegetatie. Een grasplek daartussen versterkt zelfs de afwisseling die de dieren bij koud weer warme zonnige plekken biedt en bij hitte koele schaduw, op enkele meters van elkaar. Ook veel mossen en korstmossen moeten wachten tot er genoeg randen zijn met halfschaduw van heidestruiken die aan een open plek grenzen. Daarom wordt nu geëxperimenteerd met afplaggen volgens lintvormige patronen. Want het terugdringen van het gras dient om de kenmerkende dieren en planten de leefruimte terug te geven die ze zijn kwijtgeraakt.

#### Bronvermelding illustraties

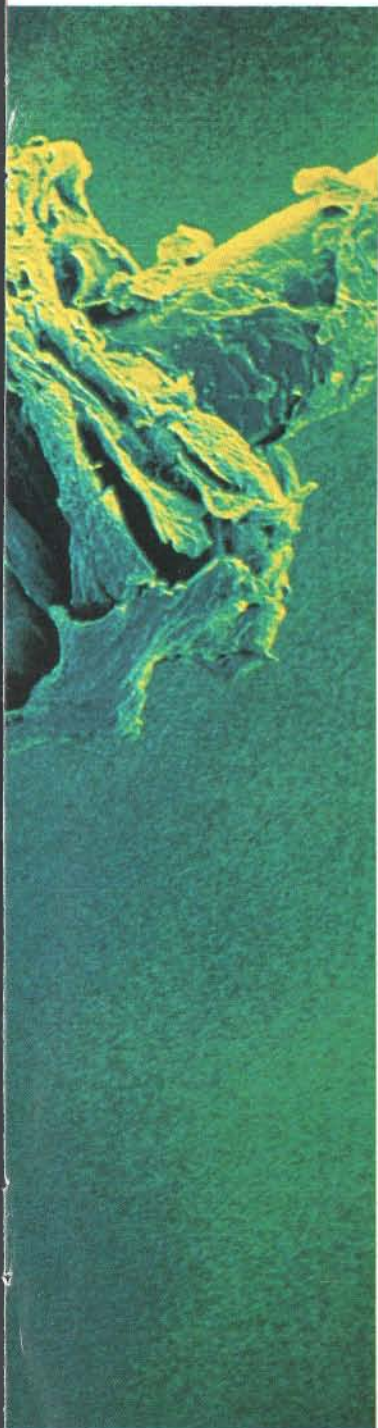
- Jan v.d. Kam, Griensveen: pag. 690-691, 694-695, 706-707.  
R.A. Samson, Centraalbureau voor Schimmelcultures, Baarn: pag. 697.  
Jan den Hengst, Aarlanderveen: pag. 702-703.  
Landbouwhogeschool Wageningen/FONA: pag. 706.  
J. van Osch, RIN, Arnhem: pag. 708 links.  
R. van Beek, RIN, Arnhem: pag. 708 rechts, 709.

# HAARWORTEL





# CELLEN



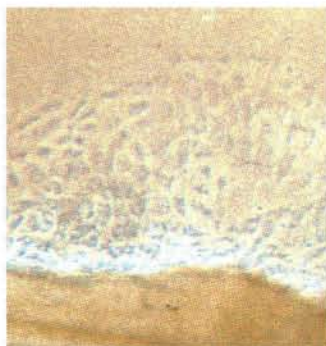
Voor veel soorten biomedisch onderzoek, waaronder kankeronderzoek, zijn gekweekte cellen onmisbaar. Kanker ontstaat het meest in epitheelweefsel, dat echter moeilijk te kweken is. Dank zij een recent ontwikkelde methode is men echter thans in staat stukjes epitheelweefsel te laten uitgroeien. Zelfs uit één enkele haarwortel kun-

nen voldoende cellen worden verkregen voor het verrichten van biochemische bepalingen. Hierdoor is de haarwortel een zeer goed bruikbaar biopsiemateriaal geworden, onder andere voor het kankeronderzoek.

## Haarfin diagnosemateriaal



Het witte puntje, dat wel eens aan het uiteinde van een uitgetrokken haar te zien is, is de haarwortel, hier gezien met hulp van een scanning-elektronenmicroscop. De cellen van de haarwortel kunnen gekweekt worden in een zgn. epicult (kleine foto rechtsboven). Daaronder zien we het resultaat van de kweek: uit de haarwortel (onder) groeit een dun laagje cellen.



**M.W.A.C. Hukkelhoven**  
**A.J.M. Vermorken**

*Werkgroep Cellulaire Differentiatie en  
Transformatie  
Katholieke Universiteit Nijmegen*

## Cellen nodig

De gehele set erfelijke informatie van een mens is aanwezig in iedere lichaamscel. Daarom hoeft voor de diagnose van erfelijke afwijkingen niet noodzakelijk het zieke orgaan gebruikt te worden. Bij voorkeur nemen we wel een weefsel dat dezelfde embryonale oorsprong heeft als het zieke orgaan. Aangenomen wordt namelijk dat de afwijkende biochemische processen daarin op dezelfde wijze te zien zijn als in het zieke orgaan. Enkele in het verleden veel voor dit doel gebruikte cellen zijn huidcellen, bloedcellen en levercellen. Het verkrijgen van dergelijk biopsiemateriaal kan door de patiënt als onprettig worden ervaren en is medisch gezien soms ook niet zonder risico (zoals bij een leverpunctie).

## Menselijke haarwortels

De laatste jaren is er een nieuw biopsiemateriaal bijgekomen dat zeer interessante perspectieven biedt, omdat het gemakkelijk te verkrijgen en op te kweken is. Het gaat hier om haarwortels. Haarwortels kunnen zonder belasting voor de patiënt door niet medisch gekwalificeerde mensen worden uitgetrokken. Verder bestaan haarwortels grotendeels uit epitheelcellen, omdat zij een instulping zijn van de bovenste laag van de huid (de epidermis). Juist epitheelcellen zijn nodig voor bepaalde soorten genetisch onderzoek, met name die naar de gevoeligheid voor bepaalde vormen van kanker. Kanker ontstaat namelijk in het merendeel van de gevallen in epitheelweefsel.

Een recente techniek maakt het mogelijk menselijke haarwortelcellen te kweken, dat wil zeggen dat het aantal cellen van één enkele haarwortel enkele malen vergroot kan worden. Door langere tijd te kweken of door transplanteren van groepjes cellen kan uit één haarwortel het tien- of twintigvoudige aantal cellen worden verkregen. De mogelijkheid van het kweken van haarwortelcellen vergroot de toepassingsmogelijkheden van de haarwortel als biopsiemateriaal. Immers niet alleen het aantal cellen dat beschikbaar is voor onderzoek wordt op deze wijze vergroot, maar ook is bij celkweek de storende invloed verdwenen van bijv. hormonen en dieetfactoren die op het biopsiemateriaal inwerken zolang het nog in het lichaam aanwezig is. Dit is een van de rede-

nen waarom de laatste 10 tot 15 jaar celkweek een steeds grotere rol is gaan spelen in het biomedische onderzoek.

Haren ontwikkelen zich zoals gezegd uit de bovenste laag van de huid, de epidermis. Zij bestaan uit cellen die zich in verschillende rijpingsstadia bevinden. De groei van een haar wisselt tussen een actieve fase waarin het haar langer wordt en een rustende fase aan het eind waarvan het haar uitvalt. Gedurende de rustfase ontstaat onder het oude haar weer een nieuw. Bij dieren die een seizoensafhankelijke verharingshebben, zijn deze fasen zeer duidelijk. Bij de mens zijn de fasen van de individuele haren niet synchroon: terwijl een aantal haren actief is, verkeren andere in de rustende fase en weer andere vallen uit (zie fig. 1).

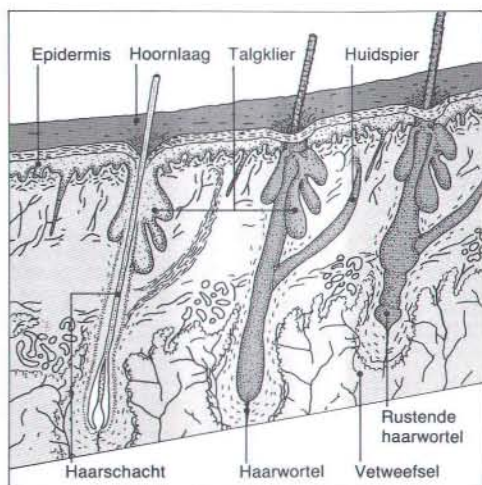
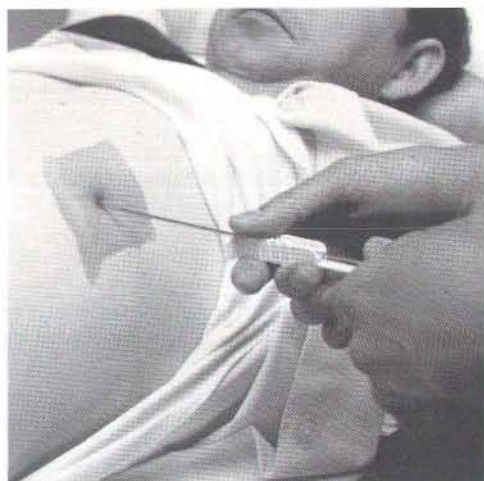


Fig. 1. Een schematische doorsnede van de huid met een aantal haren in diverse ontwikkelstadia. Bij elk haar zien we een talgklier en een haarspier. Ook de verschillende lagen van de huid zijn zichtbaar (zie intermezzo I). Het haar rechts bevindt zich in de zgn. rustfase. De haarwortel neemt in omvang af en groeit pas weer uit bij de aanmaak van een nieuw haar.

Rechtsboven: Een leverpunctie is voor de patiënt veel riskanter dan het uittrekken van een haar en levert duidelijk veel meer ongemak op.

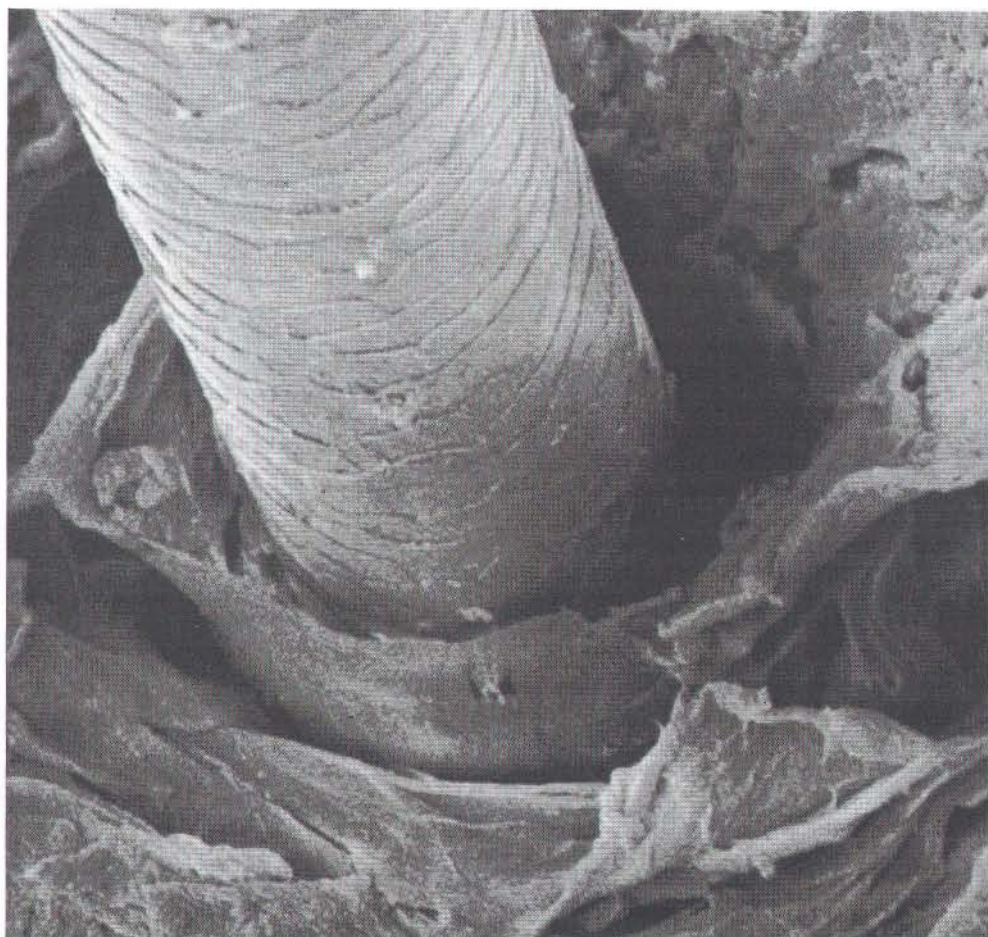
Rechts: Als een boom lijkt dit haar in de hoofdhuid ingepant te zijn (elektronenmicroscopische opname).

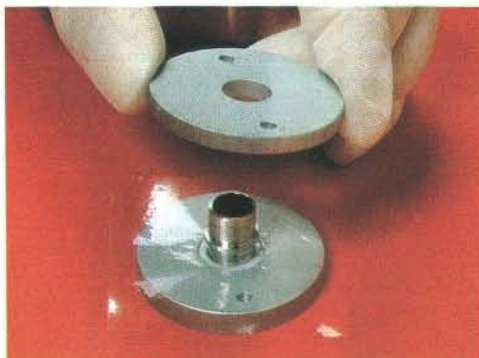
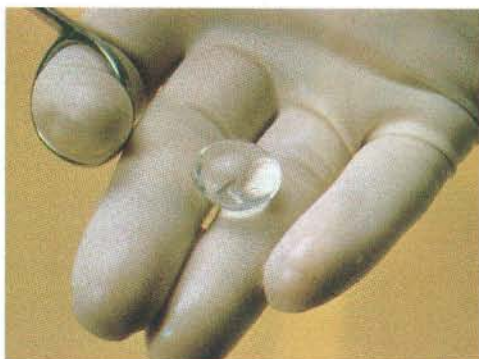




## Het kweken

Het is al sinds lang bekend dat alle epitheelcellen, dus ook haarwortelcellen, zeer moeilijk zijn te kweken. Hoe kunnen wij ervoor zorgen dat de cellen uit een menselijke haarwortel toch buiten het lichaam gaan groeien? Uit de cel- en weefselleer is het bekend dat epitheelcellen altijd groeien op een zgn. *basaalmembraan*. Dit is een zeer dun vliesje (minder dan  $1\ \mu\text{m}$  dik) dat de epitheelcellen scheidt van het onderliggende weefsel (meestal steun- of bindweefsel). Uit verscheidene onderzoeken is gebleken dat de basaalmembraan een essentiële functie vervult bij de deling van epitheelcellen. Alleen die cellen die in contact staan met de basaalmembraan kunnen zich delen. Al eerder





was bekend dat normale epitheelcellen niet delen op het plastic oppervlak van een kweekfles. Het leek dus logisch de *in vivo* situatie te imiteren, dus te zoeken naar een soort basaalmembraan waarop de cellen *in vitro* zouden kunnen groeien.

Welke eisen moeten er aan zo'n alternatief basaalmembraan worden gesteld? Op de eerste plaats moet het een natuurlijke groeibodem zijn van epitheelcellen. Op de tweede plaats moet het goede lichtdoorlatende eigenschappen hebben om later observatie van de gekweekte cellen met de microscoop mogelijk te maken. De gedachte ontstond toen om hiervoor het kapsel van de ooglenzen van een kalf te gebruiken.

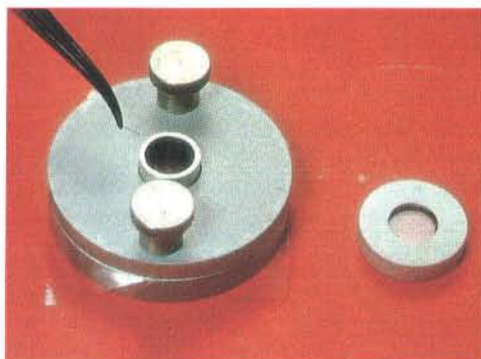
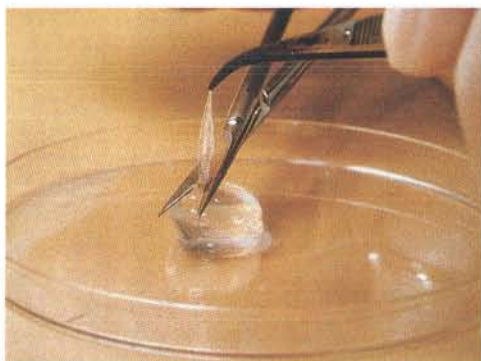
Het kapsel van de lens vormt aan de voorzijde het natuurlijke groeisubstraat van het lens-epitheel. Het fungeert dus inderdaad als een, zij het uitzonderlijk dik (ongeveer 100  $\mu\text{m}$ ), basaalmembraan. Het zal niemand verbazen dat het uitstekende lichtdoorlatende eigenschappen bezit.

Al eerder was gevonden dat het lenskapsel

een belangrijke toepassing zou kunnen hebben voor het kweken van cellen. Zo bleek dat lens-epitheelcellen *in vitro* groeiend op het lenskapsel dezelfde eiwitten blijven produceren die ze ook van nature in de lens maken. Daarentegen veranderden de biochemische eigenschappen van lenscellen die op de plastic bodem van een kweekvatje groeiden vrij sterk ten opzichte van lenscellen *in vivo*. De lenskapsels kunnen gemakkelijk verkregen worden uit kalfsoogen afkomstig van het slachthuis.

Het lenskapsel heeft sterk de neiging op te krullen. Om routinematig cellen te kunnen kweken op een lenskapsel werd daarom een kweekvatje ontworpen waarmee het lenskapsel vlak kan worden gehouden. Dit instrument werd de *Epicult* genoemd (een samentrekking van de Engelse termen '*epithelial cells*' en '*culture*'). Eerst monteert men het lenskapsel in de *Epicult*. Door op dit kapsel een haarwortel te plaatsen en te voorzien van een geschikt groeimedium kan deze gaan uitgroeien. Het duurt ongeveer drie weken voordat het kapsel is volgegroeid met cellen.





Boven: De voorbereiding van de kweek van haarwortelcellen in een epicult. Het oog van een kalf, afkomstig van het slachthuis, wordt opengeknipt en de glasheldere lens wordt verwijderd. Vervolgens wordt voorzichtig het lenskapsel van de lens getrokken en uitgespreid op een doorzichtige folie. Let op de neiging van het kapsel om op te

Rechts: In een ziekenhuis in Songkhla (Zuid Thailand) wordt een baby, waarbij een begin van geelzucht is geconstateerd, bestraald met ultraviolet licht. Om die reden heeft men de oogjes afgeplakt.



## Toepassingen

Bij de toepassingen van menselijke haarwortels gaat het zowel om vers geïsoleerde haarwortels als om gekweekte haarwortelcellen. Een voorbeeld van een toepassing van verse haarwortels is de meting van een erfelijk tekort van het enzym glucose-6-fosfaat dehydrogenase (G6PD). In 1957 werd door prof. Wong Hock Boon beschreven dat de zgn. *kernicterus* (een vorm van geelzucht die hersenbeschadigingen veroorzaakt) in Singapore de voornaamste doodsoorzaak vormde onder kinderen jonger dan 1 maand. Hij ontdekte in de jaren daarna dat bijna de helft van de gevallen van kernicterus werd veroorzaakt door een tekort van het enzym G6PD. Deze erfelijke afwijking komt in drie grote regio's op aarde voor. Gebleken is dat de combinatie van deze enzymdeficiëntie en het gebruik van bepaalde voedings- en geneesmiddelen het soms fatale ziektebeeld oproept.

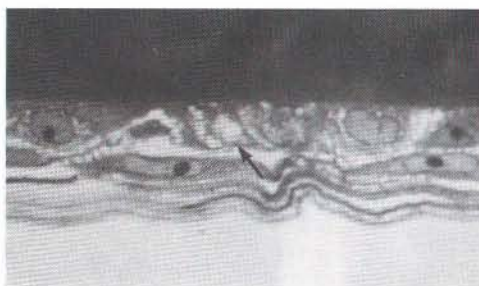
Sinds deze kennis verworven werd, worden alle in Singapore geboren babies op het G6PD-tekort getest en indien nodig, vervolgens gedurende 4 weken met speciale zorg omringd. Er

krullen. Het folie met het lenskapsel legt men op een metalen plaatje en drukt er een cilinder op zodat het lenskapsel de bodem van de cilinder vormt. Als de cilinder is vastgeklemd, kan het haar er in gebracht worden en kan met het eigenlijke kweken, na toevoeging van een groeimedium, begonnen worden.

wordt dan voor gezorgd dat een speciaal dieet wordt gebruikt en mocht toch een begin van geelzucht worden geconstateerd, dan wordt ingegrepen. In een vroeg stadium volstaat dan een behandeling van de baby met ultraviolet licht. Het is van het grootste belang dat vaststelling van het tekort onmiddellijk na de geboorte plaatsvindt, omdat de eerste vier weken van het leven juist de risicoperiode voor het ontstaan van kernicterus vormen. De waarde van de test is in Singapore inmiddels duidelijk gebleken. Kernicterus is er nu een zelden voorkomende doodsoorzaak, maar wat misschien nog belangrijker is: er is een sterke daling in het aantal geestelijk gestoorde kinderen opgetreden. Vroeger was het gevolg van een kernicterus die overleefd werd immers vaak een hersenbeschadiging.

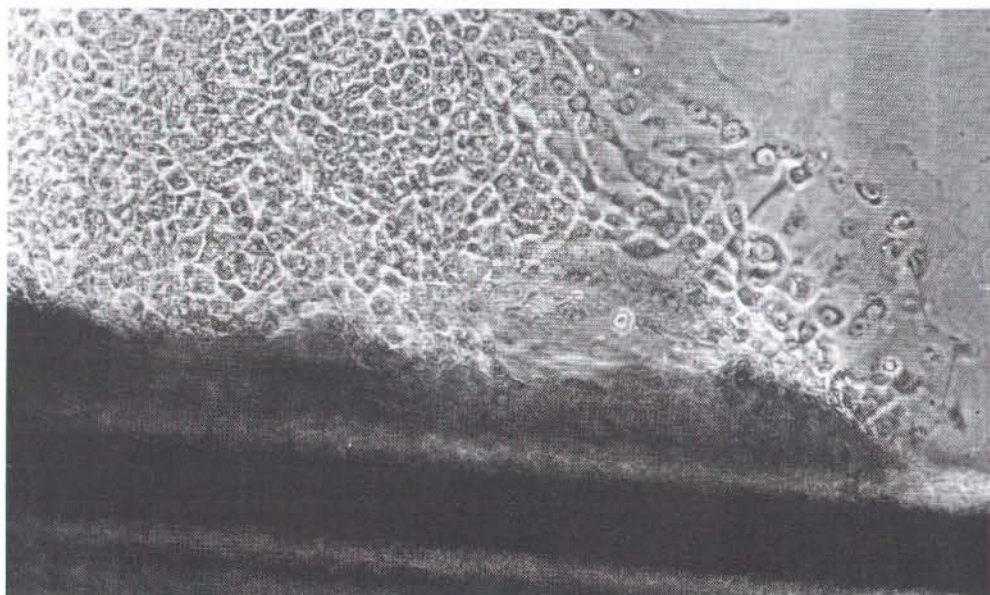
### Platteland

Een speciaal probleem vormen echter de plattelandsgebieden, waarin in ontwikkelingslanden het merendeel van de mensen woont. Het grote succes in Singapore was mogelijk dank zij het feit dat het een grote stad is, waar tachtig procent van de kinderen in het ziekenhuis wordt geboren waar de benodigde metingen kunnen worden verricht en waar onmid-

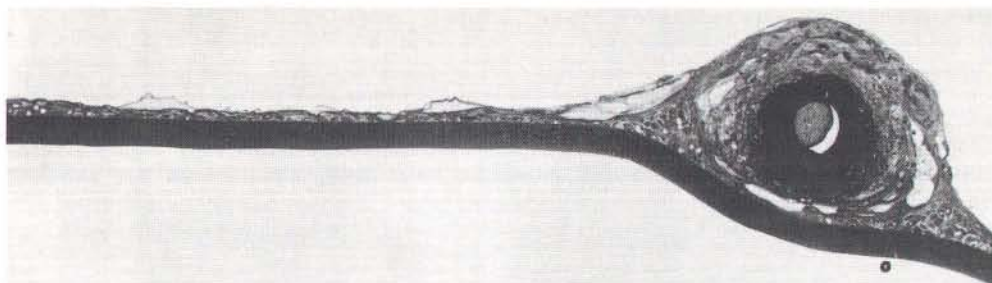


dellijk maatregelen kunnen worden genomen. In plattelandsgebieden is dit helaas niet mogelijk. Het opsturen van bloed van de baby naar een plaatselijk ziekenhuis is zinloos doordat het te veel tijd vergt en aan het bloed van de moeder kan niet worden vastgesteld of zij draagster is van de ziekte. Een draagster heeft zelf geen last van de ziekte, maar kan deze overdragen op haar zoon.

Aan de Universiteit van Nijmegen is een methode ontwikkeld waarmee via haarwortels de dragerstatus van de moeder kan worden vastgesteld. Deze resultaten openen de mogelijkheid om vanuit plattelandsgebieden haarwortels op te sturen naar plaatselijke gezondheidscentra en daar vast te stellen of de aanstaande







moeder kans heeft op een ziek kind. Deze draagster en haar kind zouden dan speciale aandacht kunnen krijgen in de periode rond de bevalling.

Er is aangetoond dat het versturen van haarwortels per post geen nadelige invloed heeft op de activiteit van het enzym G6PD. De resultaten op basis waarvan dragers en patiënten opgespoord kunnen worden zijn in fig. 2 te vinden. Het betreft hier haren die naar Nijmegen gewoon per post in een enveloppe werden opgestuurd en dus soms meer dan een week oud waren. Met behulp van deze techniek kunnen dus in de toekomst ook kinderen uit de platte-landsgebieden van ontwikkelingslanden van deze ziekte gevrijwaard blijven.

Rechtsboven: Een zijaanzicht van een haarwortel op het lenskapsel. Vanuit de haarwortel (de dikke klont rechts) groeit een dun laagje cellen uit. De dikke lijn eronder is het lenskapsel.

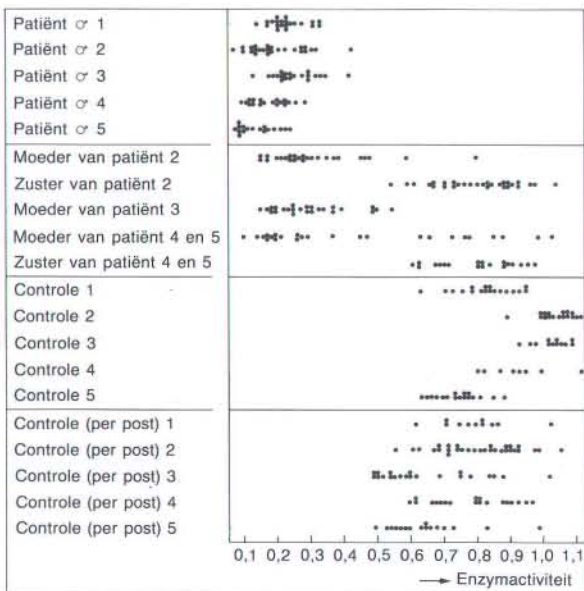
Linksboven: In een vergroting zijn celkernen en holtes tussen cellen (bij de pijl) zichtbaar.

Links: Het bovenaanzicht van de haarwortelkweek. Onderaan ziet men de dikke haarwortel, waarin nauwelijks structuur te herkennen is. De gekweekte cellen vormen een dun laagje, zodat zij onder de microscoop goed zichtbaar zijn.

Fig. 2. Een meting van de activiteit van het enzym G6PD in haarwortelcellen. Elke stip stelt de activiteit in één haar voor. De 'controle' en 'controle (per post)' zijn haren van gezonde mensen; de enzymactiviteit is relatief hoog. De patiënten hebben alle duidelijk verlaagde activiteit. Hun moeders, die draagster van de erfelijke afwijking zijn, hebben activiteiten die óf verlaagd, óf normaal zijn. De zusters van de patiënten zijn weer gezond.

## Psoriasis

De Epicult-techniek maakt het ook mogelijk onderzoek te doen naar de aard en behandeling van bepaalde huidziekten. Een aantal huidziekten wordt veroorzaakt doordat het ontwikkelingsproces van cellen in de epidermis is gestoord. Bij de normale huid wordt het aantal cellen dat aan de buitenkant van de huid verloren gaat in gelijke mate vervangen door zich delende cellen uit de benedenste lagen van de epidermis (zie intermezzo I). Bij de huidziekte *psoriasis* verloopt dit proces niet meer gecoördineerd, waardoor de verhoorde cellen als grote huidschilfers op de huid zichtbaar zijn. Vaak ontstaan nog secundaire ont-



stekingsreacties. Hoewel de ziekte ongevaarlijk is, betekent zij door het (overigens misplaatste) gevoel van een 'onreine huid' voor vele lijdens een grote psychische belasting.

Gebleken is dat haren van psoriasispatiënten, gekweekt in de Epicult, op abnormale wijze differentiëren, net zo als de epidermale cellen van deze patiënten *in vivo*. Onderzoek aan psoriasis werd tot nog toe beperkt doordat daarvoor stukjes van de huid moesten worden weggenomen. Met de Epicult kan voor hetzelfde doel volstaan worden met enkele haarwortels van de patiënt. Onderzoek aan deze gekweekte haarwortelcellen kan een bijdrage leveren aan de ontwikkeling van nieuwe geneesmiddelen tegen psoriasis. Immers het effect van deze stoffen kan dan getest worden buiten het lichaam op cellen die toch alle psoriatische eigenschappen bezitten. Bovendien kan daarmee mogelijk de vraag worden beantwoord waarom het differentiatieproces van de huid bij psoriasis zo versneld verloopt.



## INTERMEZZO I

### Differentiatie in de huid

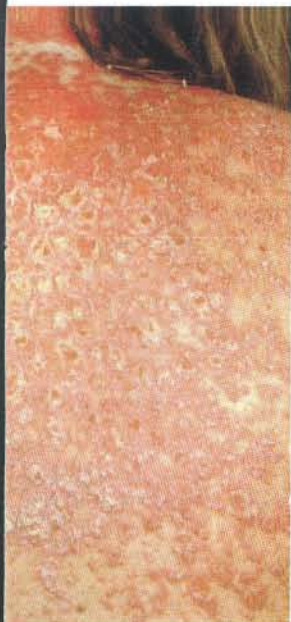
De huid is ons grootste orgaan. Zij bestaat uit twee lagen van verschillende oorsprong. De buitenste is het meerlagige epitheel, de epidermis of *opperhuid*. (zie ook fig. 1). Zij bevat geen bloedvaten en moet dus gevoed worden door de weefselvloeistof uit de tweede laag van de huid. Deze onderste laag, de dermis of *lederhuid*, bestaat uit onregelmatig gerangschikte bindweefselcellen

waardoorheen talrijke bloedvaten lopen. Tussen beide lagen in bevindt zich de *basaalmembraan*. De onderste cellagen van de opperhuid bestaan uit levende en actief delende epitheelcellen. De epitheelcellen die op de basaalmembraan rusten, hebben de grootste delingsactiviteit. Daardoor worden de epidermiscellen steeds meer naar het huidoppervlak gedrukt. Naarmate zij verder van hun voedingsbron (de dermis) komen, sterven ze af en veranderen in een hoornachtig materiaal, keratine. Uiteindelijk valt dit materiaal als bijna onzichtbare huidschilfers van de huid af.



Een doorsnede van de huid van een psoriasispatiënt. Kenmerkend is de dikke, ten dele loslatende hoornlaag, waarin duidelijk celkernen zichtbaar zijn. Bij een normale huid zijn nooit celkernen in de hoornlaag aanwezig.





Links: Verhoorde schilfers op de huid van psoriasis-patiënten.

Rechts: Fig. 3. Bepaling van de omzettingsproducten van de kankerverwekkende stof benzo(a)pyreen laat zien dat haarwortelcellen (A en B) deze stof op dezelfde manier omzetten als cellen uit het luchtwegepitheel (C) dat doen. Hieruit blijkt eens te meer de waarde van haarwortelcellen voor het bepalen van de gevoeligheid van mensen voor kankerverwekkende stoffen. Immers men kan hieruit afleiden dat de vorming van gevaarlijke producten, vanuit benzo(a)pyreen, in haarwortels op dezelfde wijze in de luchtwegen zal plaatsvinden.

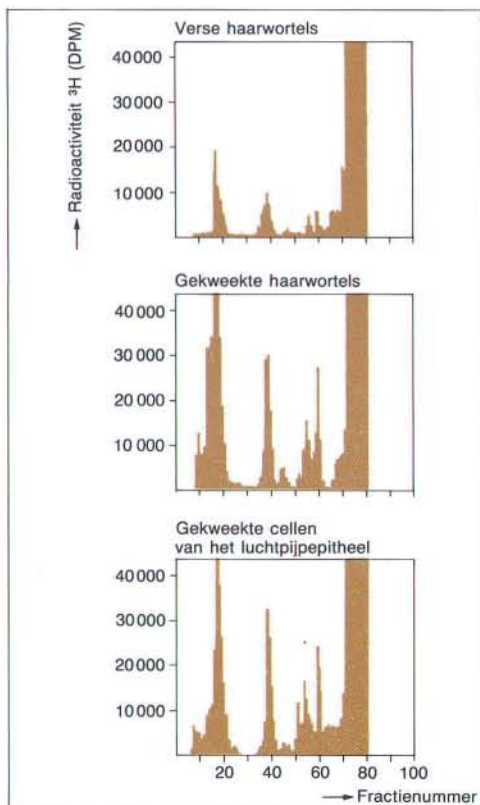
Gedurende de embryonale ontwikkeling groeien sommige cellen uit de opperhuid, de onderhuid binnen. Later vormen deze instulpingen de haarwortels, zweetklieren en talgklieren. De hierboven beschreven gebeurtenissen – het delen van de basale cellen en het afsterven van de bovenste cellen – zijn bij normale huid met elkaar in evenwicht. Bij de huidziekte psoriasis is dit hele proces versneld: nieuwe cellen worden eerder gevormd dan oude cellen afsterven. Het gevolg is het ontstaan van zilverkleurige schilfers, vooral op de rug, de armen en benen en het hoofd. De afwijkende hoornlaag roept weer een ontstekingsreactie op waardoor de huid ook rood wordt.

Verskillende afwijkingen in de microscopische structuur en biochemie van de huid zijn bij psoriasis-patiënten gevonden. Maar het is niet bekend of zij de oorzaak of het gevolg zijn van psoriasis. Tot op heden bestaat er geen ideaal geneesmiddel tegen psoriasis. Ultraviolet licht en koolteer bieden meestal slechts een tijdelijke verlichting. Met behulp van haarwortelcellen van psoriasis-patiënten kan onderzoek worden gedaan naar de ware aard van psoriasis en kunnen geneesmiddelen tegen deze ziekte worden getest.

## Longkanker

Gekweekte haarwortelcellen bieden nog veel meer toepassingsmogelijkheden. Een mogelijk belangrijke methode is de bepaling van individuele verschillen in de gevoeligheid voor kankerverwekkende stoffen. Aangetoond is immers dat het ontstaan van longkanker niet alleen veroorzaakt wordt door het roken van sigaretten, maar dat ook de erfelijke aanleg een belangrijke factor kan zijn. Longkanker komt onder familieleden van longkankerpatiënten twee- tot driemaal zoveel voor als onder familieleden van niet-longkankerpatiënten. Rokers uit families met een erfelijke aanleg, lopen 14 maal zoveel kans om longkanker te krijgen als personen die niet roken en afkomstig zijn uit families waarin de ziekte niet voorkomt.

Hoewel ook sommige andere vormen van kanker, zoals bepaalde typen borst- en darmkanker, worden beïnvloed door erfelijke factoren, biedt longkanker de beste mogelijkhe-



## Kankerverwekkende stoffen

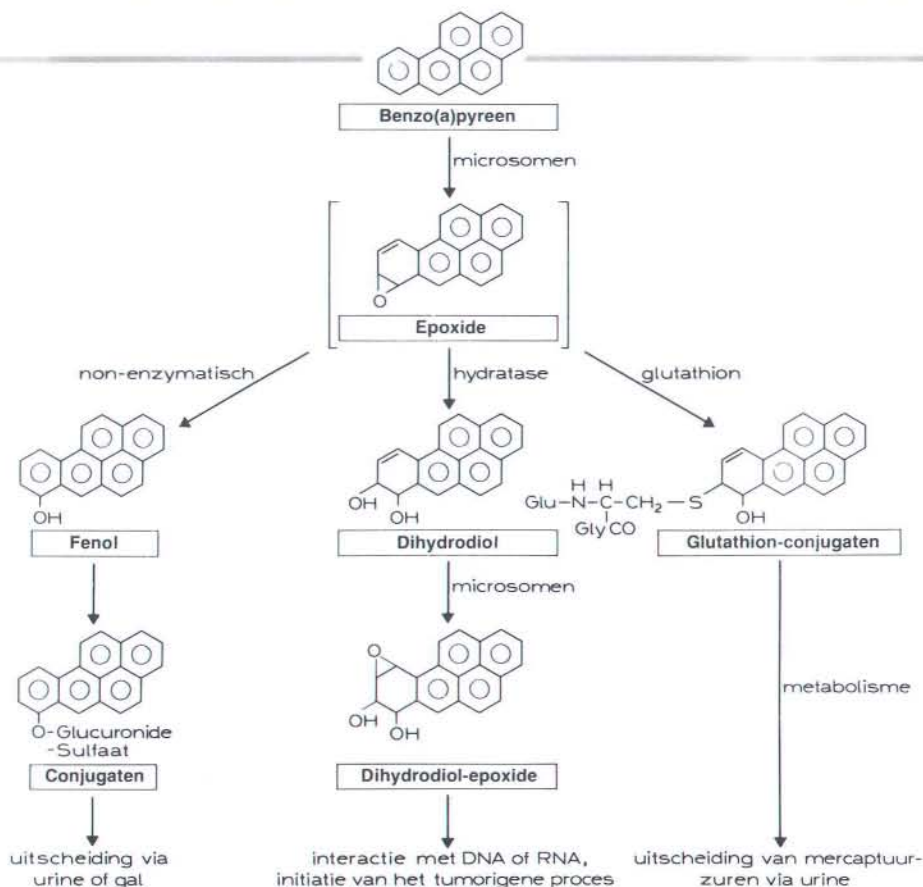
De meeste kankerverwekkende stoffen zijn zelf niet actief maar moeten via biochemische processen omgezet worden in reactieve stoffen. Het lichaam doet dit omdat de meeste kankerverwekkende stoffen in hun oorspronkelijke vorm slecht oplosbaar zijn in water. Hierdoor zouden zij zich ophopen in vetweefsels en op den duur in onaanvaardbaar hoge concentraties in het lichaam kunnen voorkomen. Het doel van het metabolisme van deze stoffen is dan ook ze in water oplosbaar te maken. Dit geschiedt door het invoeren van een of meerdere polaire groepen in de molecule. Is de verbinding in water oplosbaar, dan kan ze via de urine of gal uitgescheiden worden.

Enkele van de meest voorkomende en sterkst werkzame kankerverwekkende stoffen komen uit de klasse der *polycyclische aromatische koolwaterstoffen*. Bij deze verbindingen vindt de eerste omzetting plaats door het inbouwen van

een zuurstof-atoom in een van de aromatische ringen van de molecule. Het ontstane epoxide kan op een aantal manieren ontgift worden. Het geïntroduceerde O-atoom vormt dan als het ware het handvat waarmee aan de koolwaterstof een grote polaire molecule (bijv. glutathion, glucuronzuur of sulfaat) wordt gekoppeld.

Een heel andere mogelijkheid is echter het ontstaan van een zeer reactieve molecule, het dihydrodiol-epoxide. Deze verbinding is elektronenarm en zal dus zeer gemakkelijk binden aan elektronenrijke moleculen. Op de informatiemoleculen van de cel (DNA, RNA en eiwit) komen deze elektronenrijke plaatsen zeer veel voor. Men vermoedt dat de binding aan DNA verantwoordelijk is voor de kankerverwekkende activi-

Fig. II-1. Drie mogelijke omzettingswijzen van benzo(a)pyreen, leidend tot producten die





teit van deze stoffen. Immers doordat deze moleculen aan het DNA zijn gebonden, kan de functie van het DNA in de cel worden verstoord. Dit kan aanleiding geven tot storingen in het normale functioneren van de cel en kan het begin betekenen van een ontwikkeling van deze cel tot kankercel.

Gebleken is dat haarwortels benzo(a)pyreen, een zeer kankerverwekkende stof, op dezelfde wijze omzetten als het epitheel van de luchtpijp dit doet. Longkanker ontstaat meestal in dit weefsel. De haarwortel kan dus gebruikt worden om erfelijke factoren op te sporen die de gevoeligheid van het luchtpijp-epitheel voor kankerverwekkende stoffen bepalen.

of uitgescheiden worden, of tumorvorming op gang brengen. (dihydrodiol-epoxide)

den voor preventie, namelijk door niet te roken. Het lijkt dus zinvol een test te ontwikkelen voor het vaststellen van de erfelijke aanleg voor longkanker.

Hoe kunnen bepaalde stoffen kanker veroorzaken? De meeste stoffen die kankerverwekkend zijn, worden dat pas wanneer ze in het lichaam worden omgezet in kankerverwekkende producten (zie intermezzo II). Een van de belangrijkste enzymen in dit proces is het enzym aryl-koolwaterstofhydroxylase (AKH). Gebleken is dat bij proefdieren maar ook bij mensen de activiteit van het AKH erfelijk is bepaald. Verder is uit dierexperimenten bekend dat een hoge AKH-activiteit overeenkomt met veel tumoren na het inspuiten van kankerverwekkende stoffen. Blijkbaar speelt de activiteit van het enzym AKH een belangrijke rol bij het ontstaan van kanker door chemische stoffen.

#### Bronvermelding illustraties

Manfred Kage, Institut für Wissenschaftliche Fotografie, Schloss Weissenstein (BRD): pag 710-711  
Fotodienst Ziekenhuis Annadal, Maastricht: pag. 713  
boven.  
T. Fujita, overgenomen uit Bloom, W. and Fawcett, D.W.,

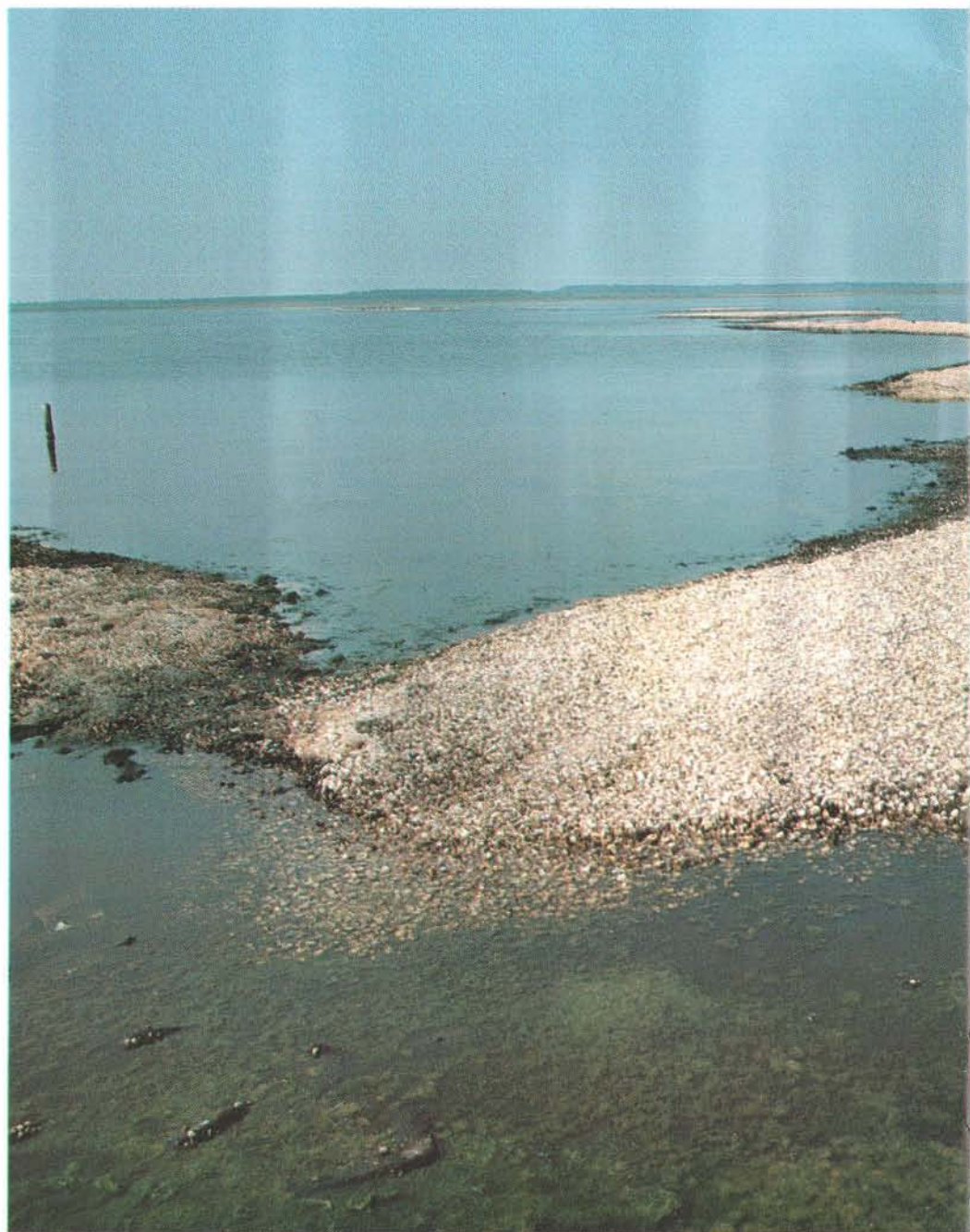
Met behulp van gekweekte haarwortelcellen van vele personen (waaronder longkankerpatiënten) wordt thans nagegaan of deze relatie ook bij de mens geldt. Indien dit zo is, of wanneer andere biochemische factoren kunnen worden ontdekt die de gevoeligheid voor kanker bepalen, is het mogelijk via de haarwortels vast te stellen of iemand een verhoogd risico loopt (zie fig. 3). Door niet te roken zouden deze personen hun risico zeer sterk kunnen beperken. Op deze wijze kan de haarwortel van belang zijn bij de preventie van longkanker, een ziekte waarvoor op dit moment eigenlijk geen goede behandelingsmethode bestaat.

Een bijkomend probleem bij de ontwikkeling van deze methode was het feit dat iedere haarwortelkweek van verschillende personen ongelijke aantallen cellen bevatte. Aangezien het bij deze methode om een erfelijke eigenschap gaat moet echter de enzymactiviteit *per cel* bekend zijn. Om dit probleem op te lossen is een methode ontwikkeld om zeer kleine hoeveelheden DNA (waarvan de hoeveelheid per cel bij iedereen precies gelijk is) te meten.

#### Tenslotte

De haarwortel van de mens biedt tegenover talrijke andere biopsiematerialen belangrijke voordelen. De toepassingsmogelijkheden kunnen verder worden vergroot door de techniek van het kweken van haarwortelcellen. In dit artikel hebben wij proberen aan te geven hoe groot de gebruiksmogelijkheden van haarwortels kunnen zijn. Het opsporen van G6PD-deficiëntie is een typisch voorbeeld van diagnostisch gebruik van haarwortelcellen. Medische research is het voornaamste oogmerk bij het gebruik van haarwortelcellen voor het psoriasis-onderzoek. Het beschreven voorbeeld van erfelijke gevoeligheid voor kanker behelst eveneens een onderzoek dat later eventueel kan uitmonden in een diagnostische toepassing van haarwortels. Verder onderzoek en inventiviteit zal de bruikbaarheid van dit nieuwe biopsiemateriaal in de medische research en diagnostiek nog vergroten.

A. *Textbook of Histology*. W.B. Saunders & Co., Philadelphia: pag. 713 onder.  
Academisch Ziekenhuis Leiden, afd. Dermatologie: pag. 718 onder.  
Alle overige illustraties zijn van de auteurs.





# JAPANS BESSEN WIER

P.H. Nienhuis

Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek  
Yerseke

## Aanwinst of plaag?

Het Japans bessenwier is een nieuwkomer in onze contreien. Het werd hier in 1980 voor het eerst vastzittend aan de ondergrond ontdekt en kende meteen daarna een explosieve uitbreiding. Sommigen waren zelfs bang voor overwoekering en een tweede Sargassozee (de Latijnse naam van de plant is *Sargassum*). Zo'n vaart loopt het niet. De plant kwam op in een nieuw milieu waar nog ruimte was voor een snel groeiende kolonist, met name het Grevelingenmeer. Eigenlijk is het wier eerder een aanwinst voor het meer, zolang het zich niet te agressief gaat gedragen.

Een typerend landschap voor het Grevelingenmeer: ondiepe lagunes met randen van aangespoelde schelpen.



## Een wier op veroveringstocht

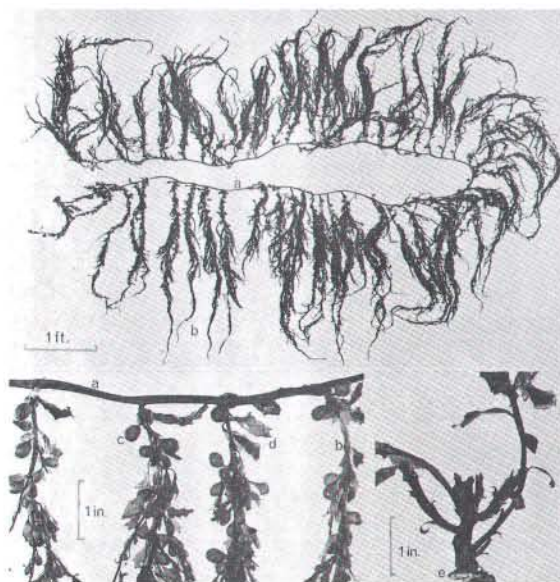
De reis om de wereld van Japans bessenwier (*Sargassum muticum*) is een interessant verhaal waarin de oester de hoofdverdachte is. Vanaf het begin van deze eeuw wordt de Japanse oester, *Crassostrea gigas*, vanuit Japan geïmporteerd in Brits Columbia aan de Canadese westkust. Het bessenwier moet als kleine plantjes op oesterschelpen of als verpakkingsmateriaal in de oesterkratjes meegekomen zijn. In de jaren veertig duikt het Japans bessenwier op langs de Amerikaanse westkust en breidt zich razendsnel uit. Sinds de jaren zestig worden Japanse oesterbroedjes uit Brits Columbia en rechtstreeks uit Japan ingevoerd in oestercentra aan de Franse kust. Aanvanke-

lijk gebeurde dit zonder dat de broedjes in quarantaine werden gehouden om ongewenste gasten te weren. Het is opmerkelijk dat juist in deze oesterkweekgebieden aan de Bretonse en Normandische kust de eerste haarden van vastzittend Japans bessenwier werden ontdekt.

Vanuit Frankrijk naar de Engelse zuidkust was toen nog maar een klein stapje. Er spoelt immers veel Frans materiaal aan op de Engelse stranden. In 1973 werd het wier voor het eerst vastzittend op Isle of Wight gevonden. Paniek bij de Britten. Er werden uitroeiingsacties door de Britse marine op touw gezet. Niets hielp echter. De waterplant breidde zich onstuitbaar uit.

In 1977 vinden we de Japanse immigrant voor het eerst aangespoeld op onze stranden

# WANTED



JAPANESE SEAWEED *SARGASSUM MUTICUM* IS AN UNDESIRABLE ALIEN ON BRITISH SHORES. IT CAN BE RECOGNISED BY THE LONG, ROUND MAIN AXIS (a) AND LATERALS (b), WHICH HANG LIKE WASHING FROM A LINE. LATERAL BRANCHES SUPPORT SMALL AIR BLADDERS (c) AND LEAF-LIKE STRUCTURES (d). IF FOUND REMOVE THE ENTIRE PLANT INCLUDING ATTACHING HOLDFAST (e), AND DESTROY WELL AWAY FROM THE SEA-SHORE. URGENT HELP IS REQUIRED WITH THE ERADICATION OF THIS SEAWEED. NEW RECORDS FOR ATTACHED PLANTS SHOULD BE SENT TO ONE OF THE FOLLOWING WHO CAN HELP WITH THE IDENTIFICATION OF *SARGASSUM*.

P. GRAY, W. FARNHAM  
MARINE LABORATORY

DR. E. B. G. JONES  
DEPARTMENT OF BIOLOGICAL SCIENCES

Links: Een Engels affiche uit begin jaren zeventig met een beroep op het publiek in de strijd tegen het Japans bessenwier. De angst voor een nieuwe plaag, met complete overwoekering van de kusten en belemmering van de scheepvaart, zat er diep in.

Rechts: De meterslange slierten van het bessenwier. Het plantje zet zich vast op een vaste ondergrond. Van de lange hoofdtak, splitsen zich talloze zijtakken af, die 'bladeren' en luchtblazen dragen.



en in 1980 is het dan zover. De kolonist heeft vaste voet gekregen in het Grevelingenmeer en een jaar later ook in de Oosterschelde. Hij moet via de sluis in de Brouwersdam, die in 1979 het hele jaar opengestaan heeft, het Grevelingenmeer binnengeglipt zijn. In Nederland is de kolonisatie dus zeer waarschijnlijk niet door oesters gegaan, maar via aangespoeld materiaal vanuit Frankrijk. Yerseke voert wel oesters in uit Frankrijk, hoewel deze import na het uitbreken van een oesterziekte enkele jaren geleden is stopgezet. Rondom dit dorp is het nog opmerkelijk rustig wat betreft het voorkomen van *Sargassum*.

De oester blijft echter een belangrijke verdachte. Er is aangetoond dat er op oesters aangevoerd in Yerseke en afkomstig uit Zuid-

Engeland, vitale plantjes van het bessenwier groeiden. Deze 2 à 3 jaar oude oesters werden in de binnenputten bij Yerseke bewaard en na schoongemaakt te zijn verkocht. Het verband is gelegd: een paar oesters met levenskrachtige *Sargassum* op hun schelp kunnen de kiem zijn voor een uitgebreide begroeiing op de oestergronden van de Oosterschelde. Dit is uiteraard een minder prettig vooruitzicht voor de oesterkwekers. Maar wat kan er allemaal niet fout gaan op de lange weg van zwevende oesterlarve naar consumptieoester? De oestercultuur is een bedrijfstak met vele en grote risico's (denk maar aan de fatale winter 1962/63) waaraan door de komst van het Japans bessenwier slechts een extra – wellicht onbelangrijke – onzekerheid wordt toegevoegd.

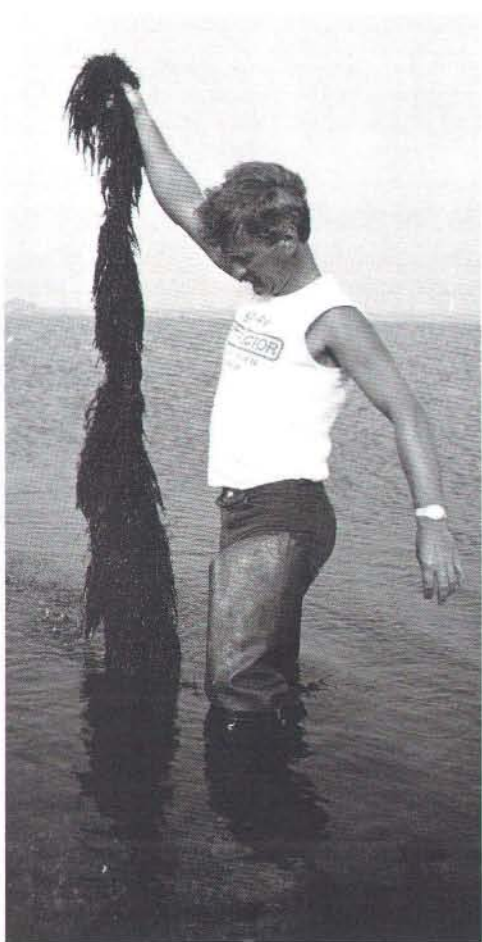
### Veranderende onderwaterwereld

Sinds 1980 is er onder water in het Grevelingenmeer nogal wat veranderd. Dat komt vooral door de entree van het Japans bessenwier. In 1980 is deze kolonist voor het eerst ontdekt en nu is hij al niet meer weg te denken. Overal langs de oevers kan men de planten zien groeien en spoelen de bruine vertakte slierten aan.

Of de nieuwe Japanner een aanwinst is voor onze flora, is moeilijk te zeggen. De samenstelling van de flora en fauna in de Oosterschelde en in het Grevelingenmeer verandert nogal in de loop der jaren. Er komen soorten bij en er gaan soorten af.

De leek merkt daar meestal niets van, het gaat ook vaak om onopvallende dieren en planten. Met de komst van het Japans bessenwier ligt dat anders. Dat is een agressieve kolonist die meteen al enkele records breekt. Hij is met zijn maximum lengte van drie meter het grootste en zwaarste zeewier. De komst van deze reus uit Japan is nogal ingrijpend: waar hij groeit kunnen andere planten niet meer groeien, omdat hij hun plaats inneemt en bovendien alle licht wegvangt. Dat betekent dat andere zeewieren wat minder talrijk worden. Ze worden echter niet volledig verdrongen.

Voor dieren speelt het licht onder water nauwelijks een rol. De aanwezigheid van het Japans bessenwier betekent juist meer mogelijkheden voor allerlei dieren om een schuilplaats te zoeken of om zich vast te hechten. Voor snorkelaars en duikers heeft het Grevelingenmeer er een dimensie bijgekregen.



## Explosieve groei

Moet je een dergelijke invasie nu zien als een aanwinst voor de flora of als een soort waterpest die de hele Grevelingen zal overwoekeren? Dat laatste zal zeker niet het geval zijn. Het bessenwier heeft stenen of grotere schelpen nodig om op te kiemen. Een stevige, stabiele ondergrond is een voorwaarde voor de jonge plantjes om zich te ontwikkelen. Het ziet er, na de zomer van 1983, naar uit dat het wier zijn verzadigingspunt ongeveer heeft bereikt, aangezien er niet meer geschikte groeiplaatsen in het meer aanwezig zijn.

In 1980 groeide de plant alleen in het westelijk deel van het Grevelingenmeer rond de inlaatsluis in de Brouwersdam, tot ongeveer één

Linksonder: Deze opname laat goed zien waar het Japans bessenwier groeit in het Grevelingenmeer: het vormt een donkere band van enkele meters breed, vlak langs de oever, overal waar stenen liggen. Op het zand groeit het wier niet en in het wat diepere water hebben de recreanten er geen hinder van.

Onder: Het drukbevaren Grevelingenmeer heeft maar één scheepvaartsluis, bij Bruinisse, waar jaarlijks zo'n veertigduizend schepen gesluisd worden. Overwoekering door lange slierten zeewier die zich om de scheepsschroeven winden komt in de praktijk weinig voor.

Rechts: Het bessenwier scheidt waar het komt een nieuwe onderwaterwereld. Tussen het wier leven grote aantallen fuikhoorns (*Nassarius reticulatus*), aaseterende slakken. Een dode vis kan soms helemaal onder de fuikhoorns worden begraven.

Rechtsonder: Ook in de Oosterschelde komt het Japans bessenwier voor, maar veel minder algemeen dan in het Grevelingenmeer. Het wier kan niet tegen droogvallen en groeit dan ook permanent onder water. Hier is het laagwater in de mond van de Oosterschelde.



meter diepte. In 1981 vond een forse uitbreiding naar het oosten plaats, tot ongeveer bij het gemaal Dreischor. In 1982 verspreidde *Sargassum muticum* zich over de hele Grevelingen. Ook de Grevelingendam raakte toen begroeid. Al met al stond er in de zomer van dat jaar ruim twintig hectare bessenwier. In 1983 kon er eigenlijk niet zoveel meer bijkomen: we

schatten dat er toen ongeveer 29 hectare van het meer bedekt was met het wier. Het komt overal voor op grinddammen, dijkvoeten en pierpjes tot een diepte van ongeveer 2,5 meter. Verspreide planten groeien veel dieper, tot 6 à 7 meter, maar de grote massa komt voor in ondiep water waar veel licht beschikbaar is voor de fotosynthese.





### De nieuwe toestand

De Japanse indringer zorgt voor een fascinerend onderwaterwereldje waarin 's zomers veel te zien is. Op de bodem onder de lange dichte planten is het nogal donker. Veel plantengroei is er dan ook niet. Alleen een paar groenwieren, het viltwier en het vederwier houden het er uit. Veel hoger, vlak onder het wateroppervlak groeien op de toppen van het bessenwier rose-rode pompoenen, de roodwieren. Tussen de takken van onze Japanner huizen wolken aasgarnalen. Horden Zeeuwse zee-pissebedden schuimen de stengels en blaadjes van het wier af op zoek naar wat eetbaars. Onderaan, ongeveer anderhalve meter diep in het water, op de oudste takken van het bessenwier





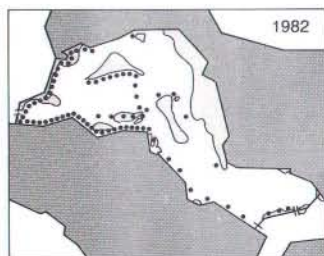
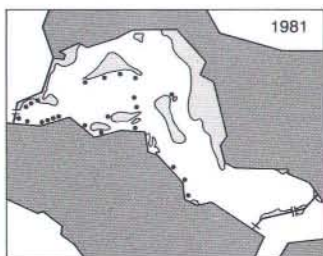
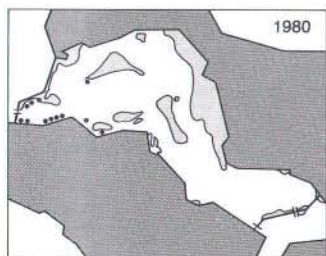
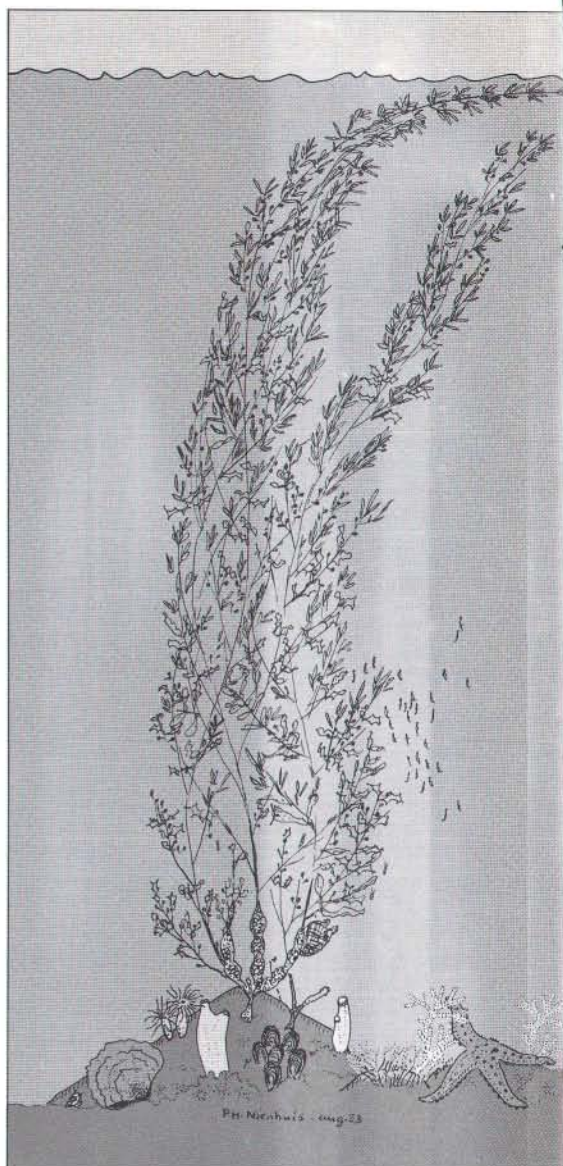
zit een donkere slijmerige korst, de geleikorst, een kolonievormend manteldier. Ook diverse soorten zakpijpen zitten vastgegroeid op de stammetjes van het wier.

Er zit nog veel meer levende have tussen het bessenwier: sponzen, een paar soorten zeeanemonen, mossels, zeepokken, grondeltjes die bijna niet van het grijze zand zijn te onderscheiden, strandkrabben, ontelbare aantallen fuikhoorns (een slakkesoort die het erg goed doet in het Grevelingenmeer), zeesterren en, last but not least, de platte Zeeuwse oester, de trots van het Grevelingenmeer. Een combinatie van zeedieren en -planten die uniek is langs de Nederlandse en Belgische kust.

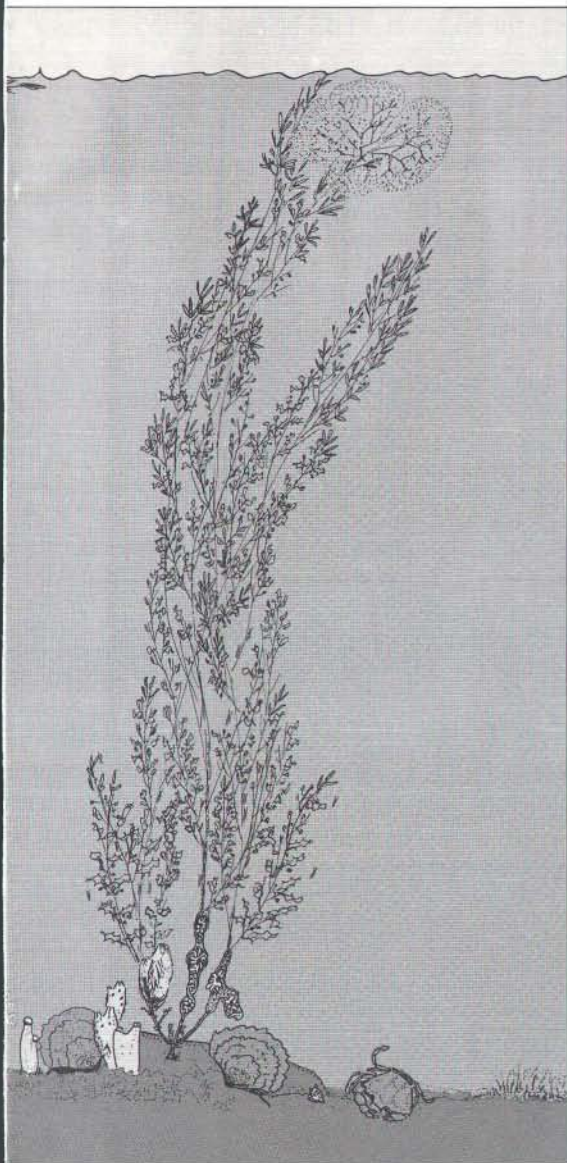
Een sterke uitbreiding van de wierbegroeiing verwachten we niet meer in de komende jaren. Zeegras en het Japanse bessenwier sluiten elkaar min of meer uit. Zeegras heeft een zandbodem nodig om goed te gedijen. Hier en daar komen grote plukken bessenwier voor in een zeegrasveld, vastgehecht op stenen of schelpen, maar van een echte concurrentie om ruimte is geen sprake. Te veel bessenwier kan hinderlijk zijn voor de pleziervaart en voor de oeverrecreatie. Er zullen 's zomers wel eens opruimingsacties moeten plaatsvinden op plaatsen waar veel wier aanspoelt en waar het gaat rotten.

Rechts: Een tekening van een paar planten van Japans bessenwier in anderhalve meter diep water. Aan hun voet en op de bodem ertussen leven allerlei organismen, in een voor de Nederlandse (en Belgische) wateren unieke combinatie.

Onder: Fig. 1. De opmars van het Japans bessenwier in het Grevelingenmeer vanaf de eerste vestiging in 1980. Duidelijk is te zien dat de verspreiding in het westen bij de Brouwerssluis begint en oprukt naar het oosten. Dit is een klassiek voorbeeld van kolonisatie door een agressieve nieuwkomer.





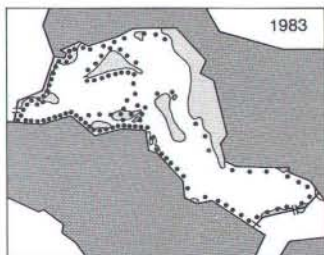


## Een ongenode, maar welkome gast

Dat de Grevelingen niet zal veranderen in een soort Sargassozee ligt aan de groeiwijze van de planten. In het najaar komen massa's kiemplanten voor op stenen en schelpen. Die groeien heel langzaam door tijdens een niet te strenge winter. In het voorjaar en in de zomer dijen de planten sterk uit. De meters lange takken vallen in de loop van het najaar af en vergaan op natuurlijke wijze. We hoeven dus niet bang te zijn voor drijvende velden zeewier die jaar in jaar uit groter worden. Eenmaal los van de moederplant sterven de takken vrij snel af. De voetjes van de moederplanten blijven 's winters op de bodem staan en die lopen in het voorjaar weer uit. Het is niet erg waarschijnlijk dat het Japans bessenwier een bedreiging vormt voor de talrijke oesters in het Grevelingenmeer. De meeste oesters leven dieper dan 4 à 5 meter en daar komt het bessenwier praktisch niet voor. Het is trouwens wel altijd een haat-liefde verhouding geweest tussen het bessenwier en de oester.

De grote hoeveelheid Japans bessenwier in het Grevelingenmeer is nogal produktief. Dat wier en vooral wat er verder op groeit, komt ten goede aan talloze kleine kreeftachtige beestjes. Die dieren vormen op hun beurt goed voedsel voor allerlei vissen. Het is een lange weg van het bessenwier naar de paling, maar er moet een verband tussen die twee bestaan. Verhalen uit Zuid-Engeland liegen er wat betreft niet om. Daar zit de paling bij voorkeur tussen het bessenwier. Dat zorgt immers voor voedsel en daar komt de vis op af.

Is het Japans bessenwier een aanwinst voor het Grevelingenmeer? Zo gek is dat nog niet. Het is een ongenode gast uit Japan die welkom is als hij zich houdt aan de regels van het huis: bescheiden zijn en geen overlast bezorgen.



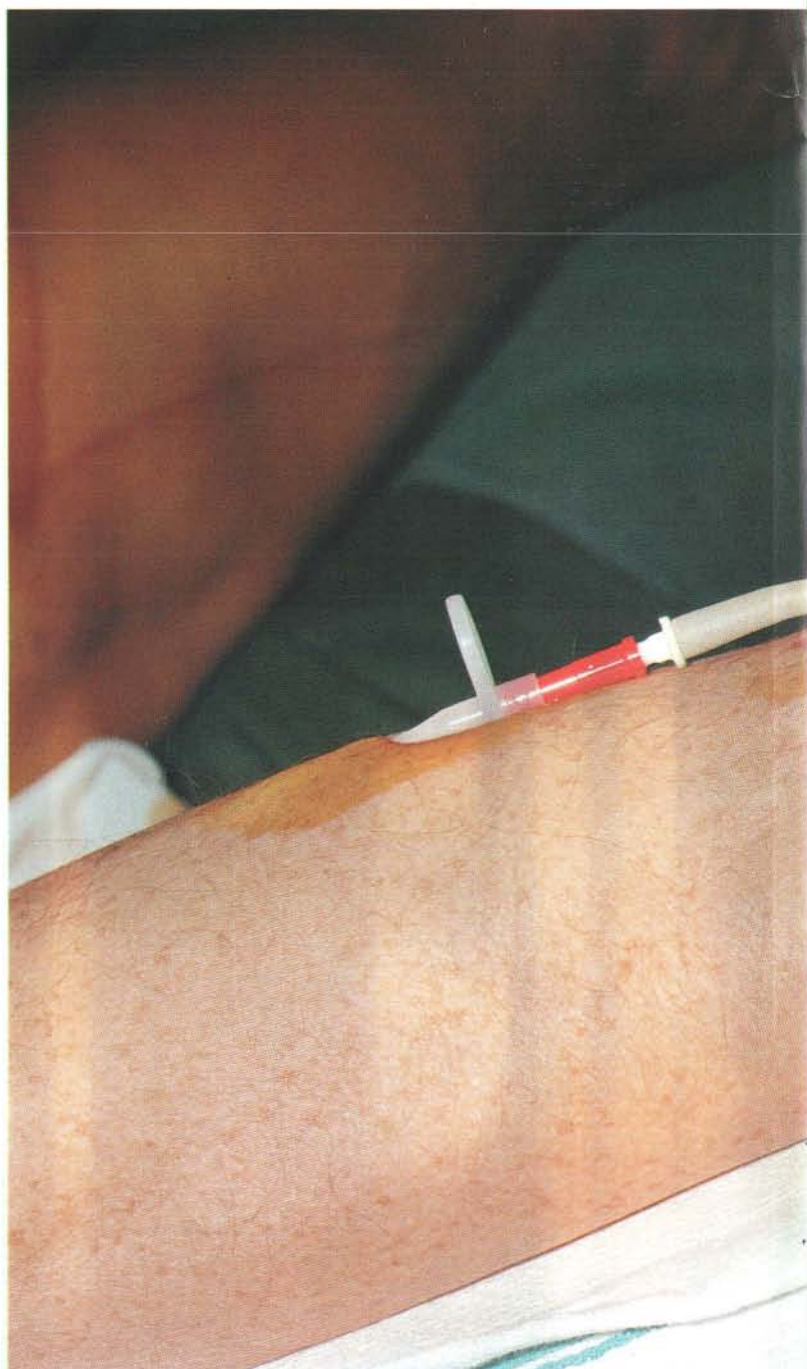
### Bronvermelding illustraties

Alle foto's zijn van René Kleingeld, Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke.

# KUNSTBLOED

**EURO**  
ARTIKEL

A. Madjidi  
Universitätsklinik Mainz

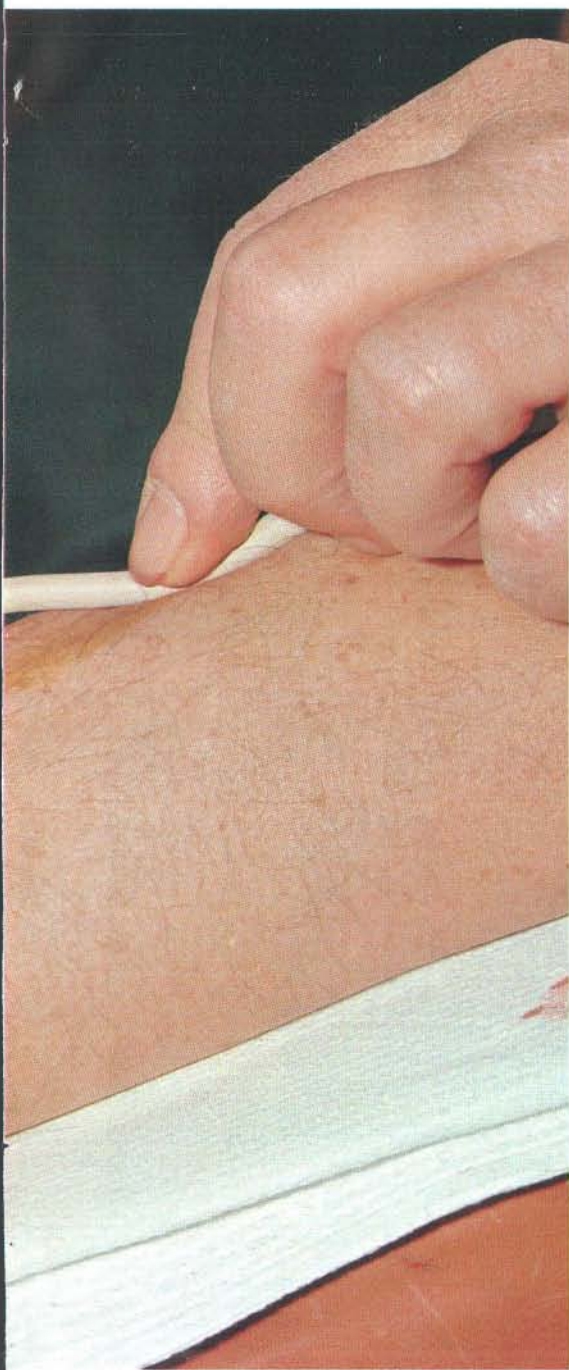




## Alternatief voor bloedtransfusie

Het hoeft geen betoog dat bloed levensnoodzakelijk is. Bloedtransfusie heeft al talloze levens gered. Toch is bloedtransfusie niet zonder problemen: bloed of bloedprodukten kunnen niet lang bewaard worden en er is een goed georganiseerde inzameling en verdeling voor nodig. Daarom zoekt men naar een kunstbloed. Zover is het nog lang niet. Wel is klinisch onderzoek gaande met stoffen die het zuurstoftransport voor korte tijd kunnen overnemen.

Kunstbloed zou in ongevalssituaties met veel bloedverlies uitkomst kunnen bieden. Het zou dan via een infuus in een ader ingebracht kunnen worden.



## Bloed en bloedtransfusies

"Bloed is een heel bijzonder sap", zegt Goethe in Faust. Niet alleen voor dichters, maar ook voor artsen is bloed een waardevol sap. In het lichaam is het als transportmedium en zuurstofdrager van levensbelang. Medici zoeken naar het optimale bloedvervangingsmiddel uit de reageerbuis, omdat het gebruik van bloed bij transfusies een ingewikkelde organisatie vereist en het bloed bovendien niet lang te bewaren is.

In de oudheid waren de mensen zich al bewust van het belang van dit mysterieuze sap. De artsen in de Middeleeuwen stelden zich het bloed als 'magische kracht' voor; zij hadden echter niet de mogelijkheden om preciezere eigenschappen en functies van het bloed vast te stellen. In de 16e en 17e eeuw won het bloed als 'genezende stof' steeds meer aan betekenis. Pas nadat de Engelse arts en ontleedkundige William Harvey in 1616 de *bloedsomloop* had ontdekt, kon de Oxfordse arts Richard Lower in 1666 de eerste bloedtransfusie bij dieren (honden) toepassen. Men wist toen nog niet dat het bloed, dat wij thans als een vloeibaar weefsel beschouwen, alleen binnen één zelfde soort mag worden overgebracht, aangezien anders door de vorming van antistoffen onberekenbare stoornissen kunnen optreden.

In 1667 slaagde de Fransman Jean-Baptiste Denis erin de eerste bloedtransfusie op de mens toe te passen. Bij deze eerste proefnemingen werd bloed van dieren, gewoonlijk van schapen, gebruikt. Toen kon men zich nog niet voorstellen welke problemen de bloedtransfusie met zich mee zou brengen. Na talrijke ongelukken werden in Frankrijk ten slotte de bloedtransfusies bij mensen verboden. Ook het Britse parlement verklaarde deze in 1670 illegaal. Tot het einde van de 19e eeuw maakten de wetenschappelijke onderzoeken naar de overbrenging van bloed van de ene mens op de andere weinig vooruitgang.

Het beslissende keerpunt kwam pas in het jaar 1901 met de ontdekking van de klassieke *bloedgroepen* door de Oostenrijkse arts Karl Landsteiner. Hij ontdekte het ABO-systeem toen hij bij zijn onderzoek naar alle combinatiemogelijkheden bloedlichaampjes en serum van zijn vijf medewerkers liet reageren en de verschillende klonteringingen met elkaar vergeleek. Voor de klassieke bloedgroepen is het

van essentieel belang dat niet alleen de bloedlichaampjes bijzondere eigenschappen bezitten, maar ook het serum, dat wil zeggen de bloedvloeistof. Het serum bezit deze eigenschappen van nature. De kenmerken van het ABO-systeem vindt men niet alleen aan de oppervlakte van de rode bloedlichaampjes (erytrocyten), maar op bijna alle celmembranen.

In 1940 werd dank zij het door Landsteiner en Wiener verrichte onderzoek de *rhesusfactor* ontdekt, een ander systeem van bloedgroepen dat van grote betekenis is geworden. Door de ontdekking van de bloedgroepen en ondergroepen, alsmede door de invoering van betrouwbare conserveringsmethoden werden bloedtransfusies een routinehandeling over de hele wereld. Volgens het beginsel dat een ver-



Rechtsboven: De eerste bloedtransfusies werden met bloed van dieren gedaan. Men wist nog niet dat dit afweerreacties oproept en dan is het uiteraard logischer om er een dier voor te gebruiken. De illustratie komt uit een in 1679 in Nürnberg uitgegeven boek over transfusie, *Tractatio Transfusionis Sanguinis*.

Boven: Uit hetzelfde boek komt deze illustratie van transfusie tussen mensen, zo te zien met een V-vormig glazen buisje met scherpe punten. Toch gebeurden ook met deze techniek nog veel ongelukken.

Rechts: William Harvey (1578-1657) demonstreert zijn ontdekking van de bloedsomloop aan koning Charles II.





loren vloeistof door dezelfde vloeistof moet worden vervangen, wordt op vele plaatsen zelfs bij kleine bloedverliezen bloed toegediend. Geconserveerd bloed is – dat geldt trouwens ook voor elk ander orgaan van het lichaam – een weefsel met beperkte levensduur, wanneer het van de rest van het organisme wordt geïsoleerd. De verschillende cellulaire en plasmatische bestanddelen van het bloed hebben evenwel een verschillende levensduur of halveringstijd. Bij een temperatuur van  $4^{\circ}\text{C}$  en schokvrij opgeslagen blijft geconserveerd bloed maximaal 21 dagen vers genoeg. Er werd evenwel vastgesteld dat naarmate het geconserveerde bloed ouder is de concentratie van de stofwisselingsprodukten in het bloed grotere schommelingen gaat vertonen.



Behalve immunologische risico's die uit de onverenigbaarheid van de bloedgroepen voortvloeien (zie fig. 1), zijn het vooral stofwisselings- en infectieproblemen die toepassing in de weg staan. Ondanks alle op het gebied van de bloedtransfusie gemaakte vooruitgang bedraagt het sterftecijfer na transfusie ook nu nog circa 0,1 tot 0,6 per duizend. In de Verenigde Staten bijvoorbeeld zijn in 1972 ongeveer 2000 patiënten aan de gevolgen van de in totaal circa vier miljoen toegepaste bloedtransfusies overleden. De laatste jaren heeft men ook in vakkringen steeds vaker voor onnodige bloedtransfusies gewaarschuwd, vooral bij kleine bloedverliezen. Het groeiende besef van de nadelen heeft vaak tot zeer strikte indicaties voor transfusies geleid.



	donor	A	B	AB	O
acceptor					
A		ja	neen	neen	ja
B		neen	ja	neen	ja
AB		ja	ja	ja	ja
O		neen	neen	neen	ja

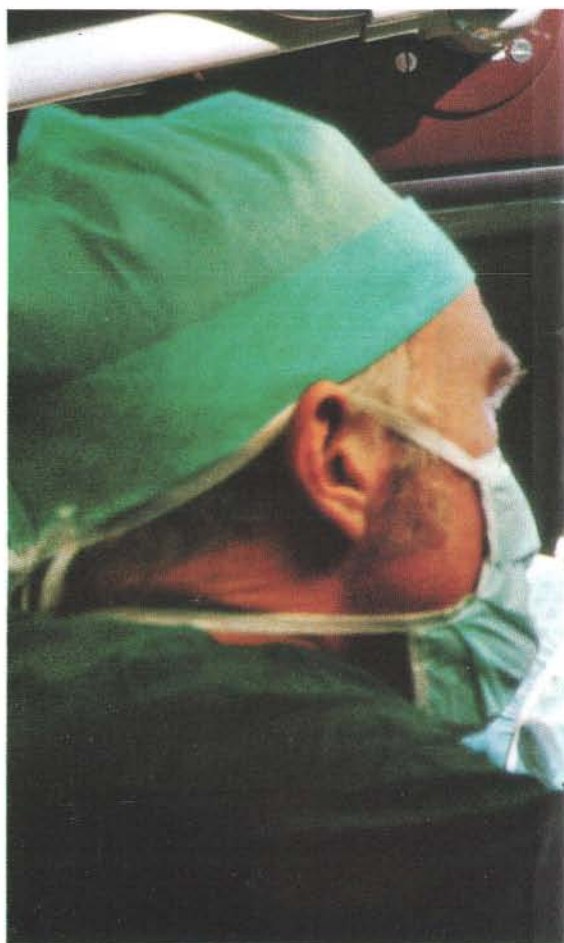
  

	donor	rh +	rh -
acceptor			
rh +		ja	ja
rh -		neen	ja

Boven: Fig. 1. De transfusietabel. Naast deze bloedgroepen zijn er nog andere, die in het merendeel der gevallen echter slechts verwaarloosbare onverenigbaarheidsreacties geven.

Rechtsboven: Bloedgroepbepaling is momenteel een routineklus. Toch mag de aandacht niet verslappen; de gevolgen kunnen desastreus zijn.

Rechts: Bij zware operaties worden veel volumesubstituten verbruikt. Hier stelt de anesthesist de druppelsnelheid van een plasmabokaal bij. Het gele zakje bevat een fysiologische zoutoplossing, het paarse Ringer-lactaat. Het derde zakje bevat Ringer-glucose.





## Bloedvervangingsmiddelen

'Bloedvervangingsmiddelen' zijn al jarenlang een vast begrip in het therapeutische concept van de moderne geneeskunde. Ontelbare patiënten met zware verwondingen of acuut bloedverlies hebben hun leven te danken aan de onmiddellijke toediening van bloedvervangingsmiddelen waardoor het bloedvolume wordt hersteld. Van jaar tot jaar vinden deze volumesubstituten een ruimere toepassing en worden nieuwe middelen ontwikkeld.

Het waren vooral problemen in verband met het *volume* van de bloedsomloop die tot de toepassing van deze oplossingen hebben geleid. Maar ook de stromings-eigenschappen van de bloedvervangingsmiddelen staan steeds

vaker ter discussie. De vraag naar de behoefte van het lichaam aan de specifieke bestanddelen van ons bloedvolume, zoals bijvoorbeeld zuurstofdragers en plasma, of ook naar substituties van bepaalde bestanddelen van het plasma, zoals bijvoorbeeld water en elektrolyten, staat tegenwoordig meer en meer op de voorgrond. De compensatie van bloedvolume-verliezen is een van de belangrijkste primaire maatregelen bij acute shocktoestanden, zoals die door verwondingen bij ongevallen, door operatieve ingrepen of acute interne ziekten kunnen worden veroorzaakt. Een doeltreffende volumesubstitutie is slechts mogelijk door toediening van colloïdale oplossingen, dat wil zeggen mengsels van een vloeistof met stoffen die in onzichtbare kleine deeltjes zijn verdeeld.



Rechts en onder: Op 16 september 1978 vernietigde een aardshok in Tabas (Oost-Iran) een aantal woestijndorpen totaal. Op de foto onder wordt gedolven naar op dat moment nog 10000 lijken. Rechts wachten de tweeduizend overlevenden van een dorpje van dertienduizend bij een inderhaast geïmproviseerde startbaan op transport. In dergelijke situaties is veel en snel bloed aanvoeren én levensnoodzakelijk én onmogelijk. Een goed vervangingsproduct zou dan wonderen kunnen doen en mensen de kans geven om te overleven tot er echt bloed beschikbaar komt.



In de geneeskunde onderscheidt men in hoofdzaak drie bloedvervangingsstoffen:

- de *natuurlijke* colloïdoplossingen die als transfusiestof worden gebruikt en colloïdale plasmabestanddelen bevatten;
- de *kunstmatige* colloïdoplossingen waarvan drie soorten klinisch worden toegepast, namelijk gelatineoplossingen, dextraan in micro- en macromoleculaire vorm, alsmede hydroxyethylzetmeel in de vorm van micro-, meso- en macromoleculaire oplossingen;
- *kristalloïde* oplossingen, zoals bijvoorbeeld de in de geneeskunde vaak toegepaste Ringerlactaat-oplossingen.

De tot nu toe beschikbare volumesubstituten hebben naast hun onbetwistbare voordelen evenwel ook nadelen en het gebruik ervan voor therapeutische doeleinden is beperkt. Daarom wordt al jarenlang gezocht naar stoffen met

zuurstofdragende functie die bij acute zware bloedverliezen kunnen worden toegediend. Het aantal gewonden dat in ziekenhuizen moet worden behandeld, is in de laatste decennia enorm gestegen. Daartoe hebben de uitbreiding van het verkeer, andere risico's van het dagelijkse leven en het toenemende aantal ernstige catastrofes bijgedragen; grotendeels oorzaken die te herleiden zijn tot een toenemende bevolkingsconcentratie. Zo vond bijvoorbeeld in 1978 bij Tabas in Iran een zware aardbeving plaats die slechts 30 seconden duurde, maar 20000 doden en duizenden gewonden eiste. De daarvoor noodzakelijke hoeveelheden geconserveerd bloed kunnen onmogelijk snel genoeg worden aangevoerd, nog afgezien van de risico's die aan een bloedtransfusie zijn verbonden. Bovendien is het gebruik van volumesubstituten als therapie beperkt.





koolzuurgas naar de longen en van afvalstoffen naar de nieren. Bovendien vervult het bloed de voedingsfunctie van de organen door voedingsstoffen uit darm en lever naar de weefsels te brengen. De derde transportfunctie van het bloed is het vervoer van vitamines en hormonen, essentiële bestanddelen van de meeste biochemische reacties van het lichaam. Bovendien zorgt het bloed ook voor de *bloedstolling* en is het een belangrijk medium voor de immunologische *afweer* van het lichaam. Ten slotte vervult het bloed een belangrijke fysische functie bij de *warmteregeling* door de warmte uit het binnenste van het lichaam naar de oppervlakte en de longen af te voeren.

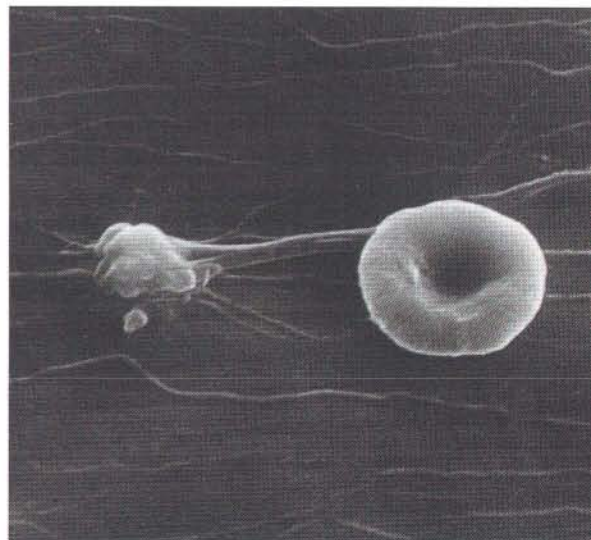
Overeenkomstig zijn belang is het bloed ook een van de zwaarste lichaamsorganen. Het bloed alleen al vertegenwoordigt circa 7 procent van het lichaamsgewicht van een volwassene, hetgeen bij een gemiddeld gewicht van 70 kg toch meer dan 5 liter is. Chemisch reageert het bloed met een pH-waarde van 7,4 licht alkalisch, biologisch is dit een neutrale

Onder: Bloed is nog voor lange tijd niet na te maken, het vervult té veel functies. Zijn volume- en osmotisch effect is al goed na te bootsen en men begint vorderingen te maken met het zuurstoftransport. Op de foto twee bloedcellen die voor een aantal eigenschappen instaan. Links een bloedplaatje (stolling), rechts een rode bloedcel (zuurstoftransport).

## Functie van bloed

Bloedvervangingsmiddelen waren tot nu toe vooral *volumesubstituten*, dat wil zeggen zij vulden de aderen op en hielden de osmotische druk tussen weefsel en bloed in stand. Zo kan door het herstel van een normale doorstroming van de dunste bloedvaten, de haarvaten, de levensgevaarlijke shocktoestand van de patiënt worden vermeden. Deze stoffen hielden bij wijze van spreken het bloed vloeibaar. Bloed heeft behalve zijn vloeibaarheid echter nog vele andere eigenschappen. Voor de fysiologie van het lichaam vervult het talloze functies, zodat men het bloed als een van de centrale organen kan bestempelen.

Tot de belangrijkste functies van het bloed behoort het *transport* van zuurstof van de longen naar de weefsels, alsmede de afvoer van



Rechts: Bij operaties waar de longen of het hart stilgelegd worden, moet het zuurstoftransport verzekerd blijven. Dat gebeurt met de hart-longmachine. Het transportmedium blijft daarbij het eigen bloed van de patiënt. Perfluorcarbonen zijn in deze situatie nog lang niet inzetbaar en waarschijnlijk ook niet nodig.

Onder: Een klassiek experiment met Fluosol (merknaam voor perfluordecaline). Het bloed van een albinorat wordt door het kleurloze fluorcarbon vervangen. De rode ogen worden wit.



reactie. Deze pH-waarde wordt in het lichaam relatief constant gehouden.

De bloedvloeistof bestaat in grote trekken uit het bloedplasma, dat circa 55 procent van het volume uitmaakt, en de bloedcellen (45 procent). Het *plasma*, dat tot dusver in de meeste gevallen het hoofdbestanddeel van de bloedvervangingsmiddelen was, is een lichtgele vloeistof die zouten, koolhydraten, vetstoffen, vitamines, afvalstoffen en plasma-eiwitten bevat. De fysiologische functie van het plasma is de instandhouding van het osmotisch even-

wicht, maar ook de levering van belangrijke substanties voor biochemische reacties. Zo speelt bijvoorbeeld calcium bij de instandhouding van de normale zenuw- en spierprikkelbaarheid een essentiële rol.

Bij de *bloedcellen* zijn de rode bloedlichaampjes (erythrocyten) veruit het grootste in aantal. Met meer dan vijf miljoen bloedlichaampjes per  $\text{mm}^3$  bloed vertegenwoordigen zij ongeveer 99 procent van de bloedcellen, ver voor de bloedplaatjes (trombocyten) en de witte bloedlichaampjes (leukocyten).





### Zuurstoftransport

De belangrijkste taak van de rode bloedlichaampjes is het zuurstof- en koolzuurtransport. Deze schijfjes met een diameter van ongeveer 8  $\mu\text{m}$  bevatten geen celkern, maar bestaan uit een membraan en de daarin opgeslagen hemoglobine. Wanneer zij in de longen zuurstof opnemen, kleuren zij zich helderrood, na afgifte van de zuurstof in het weefsel hebben zij een diep donkerrode kleur. Vandaar ook het kleurverschil tussen het heldere

arteriële bloed dat van de longen via het hart naar de organen vloeit, en het donkere veneuze bloed dat door de aders naar het hart en de longen wordt teruggevoerd.

Bij de pogingen die men tot dusver heeft ondernomen om bloedverliezen door de gebruikelijke bloedvervangingsmiddelen te compenseren, bestond het grootste gevaar steeds in een te grote verdunning van de rode bloedlichaampjes. Dan was de zuurstoftransportcapaciteit van het bloed immers niet meer voldoende om het organisme te bevoorraden. Twintig jaar geleden heeft men het oude fascinerende denkbeeld weer opgevat om een vloeistof te vinden die de zuurstofdragende functie van de erythrocyten overneemt en zonder de bekende nadelen van de bloedtransfusie kan worden toegediend. Thans ziet het ernaar uit dat het tijdstip dichterbij komt waarop men de bloedvervangings zal kunnen verruimen.

### Perfluorcarbonen

In 1965 werd bij dierproeven de fluorcarbonoplossing als mogelijke zuurstofdrager ontdekt. Perfluorcarbonen zijn volledig gefluoreerde koolwaterstoffen die niettegenstaande hun onderling verschillende basisstructuur toch tamelijk uniforme fysische eigenschappen vertonen. Zij zijn micromoleculair, chemisch en biologisch onaantastbaar, het zijn meestal olieachtige vloeistoffen en zij staan reeds geruime tijd bekend als oplosmiddelen bij uitstek voor alle gassen.

De laatste jaren zijn naast experimentele onderzoeken op dieren reeds de eerste bevindingen over de toepassingen van deze zuurstofdragers bij mensen gepubliceerd. Inmiddels zijn de grondbeginselen vastgelegd en weet men hoe een bruikbaar fluorcarbon chemisch moet zijn samengesteld, welke dosering voor de patiënt enerzijds noodzakelijk en anderzijds verdraaglijk is. Het zwaartepunt van dit onderzoek lag aanvankelijk in de Verenigde Staten, maar spoedig gingen ook Japanse medici, alsmede diverse Europese centra, zich daarmee intensief bezighouden.

Aangezien perfluorcarbonoplossingen niet oplosbaar zijn in water, moeten zij worden geëmulgeerd. Een essentiële handicap voor de werkelijke doorbraak van deze bloedvervangingsmiddelen was lange tijd het feit dat fluorcarbonen in een stabiele emulsie van zeer fijne

## Hemoglobine-oplossing

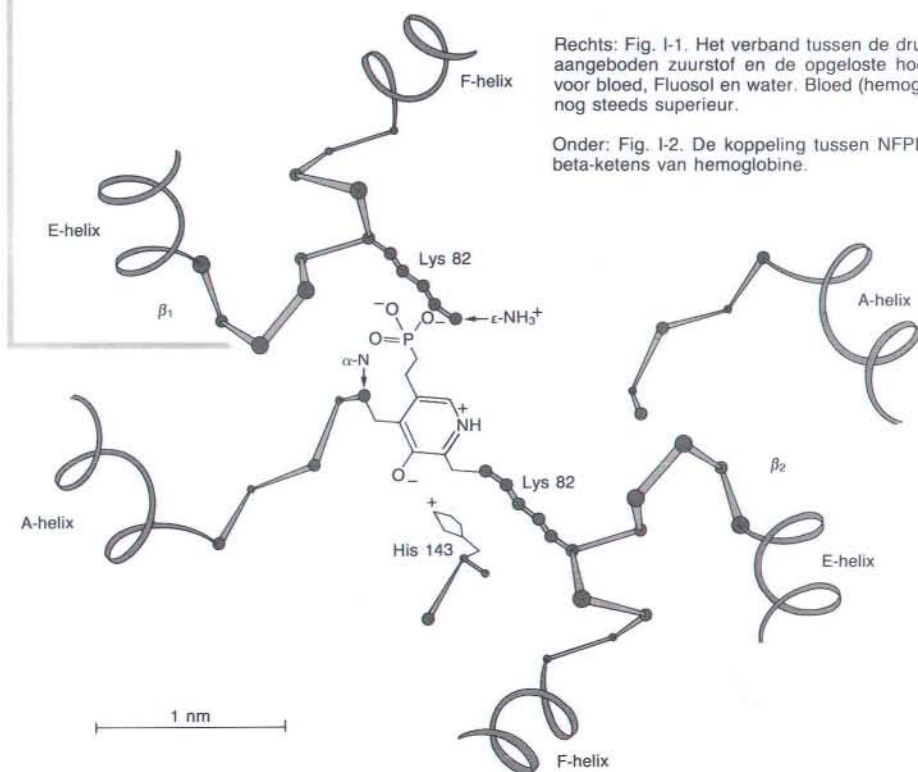
Hoewel fluorcarbonen een goed hulpmiddel in noodsituaties kunnen zijn, staan hun prestaties toch nog ver af van die van normaal bloed. Het ziet er vooralsnog niet naar uit dat een synthetische zuurstofdrager het door de evolutie ontwikkelde hemoglobine kan benaderen, tenzij hij heemgroepen (de zuurstofdragers in hemoglobine) zou bevatten. Daarom wordt hard gewerkt aan een hemoglobine-oplossing die als 'kunstbloed' zou kunnen dienen in de situaties waar nu Fluosol gebruikt wordt.

Een van de problemen met fluorcarbonen is dat zij alleen voldoende zuurstof opnemen bij een hogere zuurstofdruk dan de omgevingsdruk (zie fig. I-1). In de praktijk betekent dit dat de patiënt zuivere zuurstof via een masker moet toegediend krijgen. Een hemoglobine-oplossing heeft dat nadeel niet. Bovendien geldt voor de praktijk van de bloedtransfusie dat ze van verouderde rode bloedcellen, die niet meer voor transfusie in aanmerking komen, bereid kan worden.

Het gebruik van extracellulair hemoglobine

als plasma-vervangingsmiddel met zuurstof-transportcapaciteit is echter nog niet de fase van klinisch onderzoek ingegaan. Het is de bedoeling te komen tot standaard-infuusflessen die langere tijd in een koelkast bewaard kunnen worden en ook voldoende tijd bij kamertemperatuur. Zo kunnen ze dan gewoon met de ambulance meegaan en meteen ter plaatse zonder verdere apparatuur worden toegediend.

Bij de bereiding van dergelijke hemoglobine-oplossingen zijn er echter wel nog een aantal problemen. Zo mag de oplossing geen fragmenten meer bevatten van de membraan van de rode bloedcellen. Dit is nu opgelost door centrifugatie en/of filtratie. Verder bleek de affiniteit van hemoglobine voor zuurstof sterk verhoogd. Die bleek te verlagen door koppeling aan een stof die op vitamine B6 lijkt, pyridoxaalfosfaat (PLP). Een ander probleem is dat het hemoglobine niet lang in de bloedsomloop blijft zonder uiteen te vallen. Hemoglobine is opgebouwd uit vier eiwitketens, twee zgn. alfa-ketens en twee beta-ketens. Vrij hemoglobine valt uiteen in twee



Rechts: Fig. I-1. Het verband tussen de druk van de aangeboden zuurstof en de opgeloste hoeveelheid voor bloed, Fluosol en water. Bloed (hemoglobine) is nog steeds superieur.

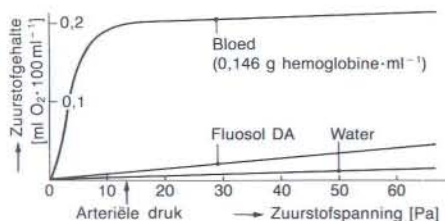
Onder: Fig. I-2. De koppeling tussen NFPLP en de beta-ketens van hemoglobine.



alfa-beta dimeren, die door de nieren verwijderd worden. Om tot een minimaal aanvaardbare verblijftijd van 4 tot 8 uur te komen, moest deze dissociatie geblokkeerd worden. Dit lukte Nederlandse onderzoekers van het Centraal Laboratorium van de Bloedtransfusiedienst met een variant van PLP, het NFPLP, dat twee aldehyde groepen bezit en zodoende twee beta-ketens aan elkaar kan koppelen (zie fig. 1-2).

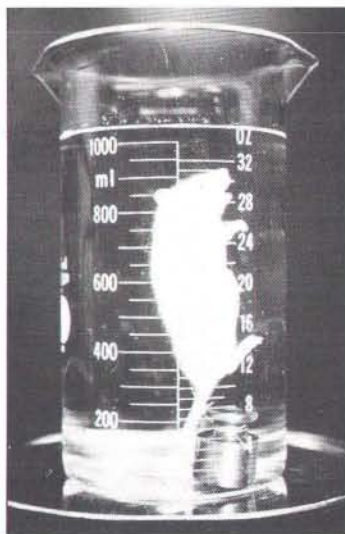
Verder is te verwachten dat de concentratie van hemoglobine nooit hoger mag worden dan 6 tot 7 procent, omdat het (als eiwit) dan osmotisch gaat werken, wat betekent dat de oplossing slechts de helft aan zuurstof van normaal bloed kan bevatten.

In de komende jaren moeten de biochemische en medische eigenschappen verder getest worden en moet een bereidingsmethode voor grote hoeveelheden ontwikkeld worden. Pas na de dierexperimentele proeven kan dan uiteindelijk met klinische testen bij de mens begonnen worden.



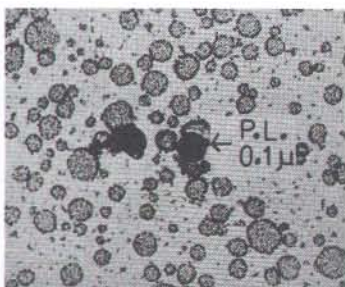
oliedruppeltjes in een zoutoplossing moeten worden overgebracht, voordat zij kunnen worden toegediend. Het duurde tot het midden van de jaren zeventig voordat dit probleem ten slotte technisch en foutloos reproduceerbaar kon worden opgelost. Aan de onzekerheid van de eerste experimenten kwam een einde toen de Japanse onderneming Green Cross Corporation vanaf 1973 onder de naam Fluosol grote hoeveelheden kunstmatig vervaardigde fluorcarbonen op de markt bracht.

In diverse experimentele afdelingen leven



Boven: Deze rat ademt gewoon door bij onderdompeling in Fluosol, een illustratie van de gastransporterende eigenschappen van de stof.

Onder: Een elektronenmicroscopische opname van de emulsie van perfluorcarbonen. Bij de pijl een bolletje van de polystyreen-latex van 0,1  $\mu$ m diameter, die als referentie is toegevoegd.



thans dieren na herhaalde infusies en bijna volledige vervanging van bloed door fluorcarbonemulsies al verscheidene jaren met kunstbloed. In de loop van de meer dan vijf jaar lange ontwikkeling is gebleken dat slechts enkele van de stoffen uit de grote groep van fluorcarbonen voor biologische toepassing ter vervanging van de rode bloedlichaampjes in aanmerking komen. De belangrijkste voorwaarden zijn de emulgeerbaarheid, de stabiliteit van de emulsie en een dampspanning die binnen beperkte grenzen moet liggen.



Deze afgerukte duim zou normaal tegen dat de aanhechting kan beginnen, afgestorven zijn. Hij werd levensvatbaar gehouden door perfusie ('doorbloeding') met Fluosol.

### Problemen bij de vervaardiging

De vervaardiging van een *stabiele emulsie* is tot dusver een van de sleutelproblemen bij de intraveneuze toepassing van zuurstofdragers gebleven. Op een reeks internationale congressen werden de laatste tijd ervaringen over de proefnemingen met kunstbloed uitgewisseld. Terwijl met name tal van Japanse medici reeds op het internationale congres te Mainz in maart 1981 met veel euforische hoop verslag uitbrachten over Fluosol, lieten de Amerikaanse onderzoekers zich gereserveerder uit.

Een bijzonder probleem schijnt de opslag van fluorcarbonen in diverse organen te zijn. Routinetoepassing bij de mens is nog niet voor morgen en zal in ieder geval tot welbepaalde toepassingen beperkt moeten blijven.

De *eliminatie* uit de bloedstroom gebeurt op twee manieren. Veruit het grootste deel wordt via de longen uitgeademd; verder zijn er nog een noemenswaardige transpiratie via de huid en kleine sporen in de gal. Via de nieren wordt Fluosol niet uitgescheiden. Anderzijds worden emulsiedeeltjes door sommige biologisch uiterst actieve cellen als vreemde lichamen her-



Boven: Een 'aquarium' waarin afgerukte vingers in leven gehouden worden tot de aanhechting.

Rechts: Een van de patiënten die al met kunstbloed behandeld werden.





kend en opgenomen, waardoor in organen die een groot percentage van deze cellen bevatten een niet te verwaarlozen opslag ontstaat. De voornaamste opslagplaatsen zijn milt, lever, lymfeklieren, nieren en alvleesklier.

Volgens de tot dusver op dieren verrichte pathologische onderzoek heeft bij de in aanmerking komende doseringen al het opgeslagen materiaal de organen na hoogstens een half jaar weer verlaten. Daarbij vindt geen omzetting van de substanties in de stofwisseling plaats en treden ook geen veranderingen op in het weefsel. Men heeft bij experimenten met ratten het bloed van de dieren onder narcose zelfs volledig door fluorcarbonemulsies vervangen. Een zichtbaar gevolg van deze bijna volledige vervanging van het bloed was dat de rode albino-ogen van de ratten wit werden. Zij ontwaakten uit de narcose, begonnen opnieuw te eten en te drinken en hadden na ongeveer 10 dagen hun oude roze kleur terug, omdat zich in het beenmerg weer voldoende rode bloedlichaampjes hadden gevormd.

## Besluit

Volgens onze eigen experimenten en volgens klinische ervaringen en onderzoek overzee betekent Fluosol een verrijking van de bloedvervanging waaraan evenwel nog steeds aanzien-

lijke problemen kleven. Niettemin valt te verwachten dat Fluosol een deel van de functie van de rode bloedlichaampjes, bijvoorbeeld als zuurstofdragers, kan overnemen. Daardoor zou een voor de geneeskunde dringend probleem, namelijk dat van de shockbestrijding, vooral dan in de ongevallen- en rampen-geneeskunde, kunnen worden opgelost. Bovendien zou een efficiënt bloedvervangingsmiddel belangrijk zijn voor de behandeling bij CO-vergiftigingen of voor orgaanperfusie.

Kortom: deze werkzaamheden hebben aangetoond dat het onderzoek op de goede weg is en absoluut moet worden geïntensiveerd. Zo kunnen de problemen van de Jehova's Getuigen, die om godsdienstige redenen elke bloedtransfusie weigeren, worden opgelost. Perfluorcarbonen zouden ook op plaatsen zoals booreilanden, waar het lastig is om steeds voldoende vers bloed in voorraad te hebben, een hulp kunnen zijn. Ook bij rampen, waar snel veel bloed nodig is, zouden zij de eerste schok kunnen opvangen, tot de hulp goed draait.

Bloed heeft echter veel meer functies dan alleen maar zuurstoftransport. Bovendien is de transportcapaciteit van de perfluorcarbonen stukken lager dan die van bloed. Hoewel deze stoffen dus beter zijn dan niets en verder moeten worden onderzocht, staan we nog heel ver af van echt 'kunstbloed'.



## Literatuur

- Does, J.A. van der, (1984). *De bloedbank in een stroomversnelling - De computer houdt een vinger aan de pols.* Natuur en Techniek 52, 6, pag 414-433.  
Hemker, H.C. et al., (1979). *De bloedstolling - Thrombose, atherosclerose en het hartinfarct.* Centrale Uitgeverij, Maastricht/Brussel. ISBN 90 70157 06 3

## Bronvermelding illustraties

- Frits Gerritsen, Amsterdam: pag. 730-731, 734 boven, 738-739.  
Ziekenhuis St. Annadal, Maastricht: pag. 731.  
Mary Evans Picture Library, Londen: pag. 732, 733 boven en onder.  
Lucas Ziekenhuis/Frits Gerritsen, Amsterdam: pag. 734-735.  
ANP-foto, Amsterdam: pag. 736, 737.  
Prof. Geyer, ISC Chemicals Ltd., Bristol (GB): pag. 738, 742-743.  
N. Faithfull, Erasmus Universiteit Rotterdam: pag. 741 rechts, 742 boven en links onder.

### Funny bikes

Wie de Olympische wielervedstrijden gevolgd heeft, zal ongetwijfeld zijn opgevallen dat normale racefietsen alleen nog maar door verliezers bereden worden. Vrijwel iedere zichzelf respecterende wielernatie zond haar coureurs de baan op met superlichte aerodynamische fietsen, al of niet voorzien van dichte wielen, in plaats van de oude vertrouwde spaakwielen. Alleen bij de wegwedstrijden werden meer conventionele types ingezet.

Alles is gedaan om het gewicht en de luchtweerstand van de fietsen zo veel mogelijk te drukken. In plaats van staal is het frame van aluminium. Dat draagt er in niet onbelangrijke mate toe bij dat deze fietsen maar 5850 gram wegen, ruim twee kilo minder dan een conventionele racefiets. De stangen van het frame zijn druppelvormig en ook de spaken, indien aanwezig, afgeplat.

De wielen zijn ook kleiner dan gebruikelijk, de wielnaven zijn korter, waardoor de wielen smaller worden. Doordat de banden met helium zijn opgepompt, is de fiets weer 28 gram lichter dan wanneer lucht was gebruikt. Niet alleen de fietsen ondergingen revolutionaire veranderingen, de wielerkleding, valhelmen en zelfs de trainingsmethoden werden aan de nieuwe trend aangepast.

Met name de Amerikanen hebben veel werk gemaakt van de nieuwe fiets-technologie. Januari 1982 werd onder auspiciën van het Amerikaanse Olympische Comité een bijeenkomst belegd van constructeurs, fysiologen, psycholo-

gen, renners en ploegleiders. Aanleiding voor de bijeenkomst was een recente versoepeling van de eisen waaraan wedstrijdfietsen dienden te voldoen. Maar wellicht nog belangrijker was het voor de Amerikanen pijnlijke feit dat zijn in 1912 voor het laatst een Olympische wielervedaille behaald hadden.

Dankzij een onderzoeksprogramma van het Olympisch Comité en een half miljoen dollar van sponsors, kon een ambitieus onderzoeksprogramma van de grond komen. Centrale figuren daarin waren Chester Kyle, hoogleraar werktuigbouwkunde van de California State University en Michael Melton, als constructeur in dienst bij Raleigh. Kyle kwam met de ideeën en Melton bouwde de fietsen.

Belangrijkste uitdaging was natuurlijk het reduceren van de lucht weerstand. Een verdubbeling van de snelheid levert een verviervoudiging op van de luchtweerstand. Bij  $20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  is de luchtweerstand ongeveer de helft van de totale weerstand die de fiets ondervindt. De andere helft bestaat uit weerstand van de banden op het straatoppervlak en weerstand van de assen. Bij  $40 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  is de luchtweerstand echter al 90% van het totaal. Het eerste wat Melton deed was het veranderen van de constructie van de framebuis waar het stuur in steekt. Vervolgens bedacht hij dat een verkleind voorwiel er toe zou leiden dat achter elkaar fietssende renners dichter op elkaar zitten. Hierdoor wordt beter ge-

bruik gemaakt van de slipstream van de voorganger, terwijl ook de luchtweerstand van degenen die achterop komt aanzienlijk afneemt. Op de Spelen werden wielen met een diameter van 600 mm gebruikt, maar bij Raleigh experimenteert men al met wielen van 510 mm. De stabiliteit daarvan vormt echter nog een probleem. Naast de fietsen kreeg ook de wielenuitrusting de aandacht van de onderzoekers. Kyle is de ontwerper van de opvallende druppelvormige valhelmen. Als de renner met gekromde rug op zijn fiets zit, stroomt de lucht in één vloeiende beweging langs de helm en over de rug weg.

Aanvankelijk hadden de ontwerpers zelfs een minuscule radio-ontvangertje in de helm ingebouwd, waardoor de renner continu met de coach in verbinding staat. Aangezien niet duidelijk is of een dergelijke voorziening wel binnen de spelregels valt, worden

ANP-foto





ze voorlopig niet gebruikt. Ook de schoenen en pedalen worden door de onderzoekers onder handen genomen. De pedalen bestaan enkel uit een plaatje van titanium, waar de schoen aan vastgeklonken zit. Het is duidelijk dat dergelijke constructies alleen voor korte baanwedstrijden en niet op de weg bruikbaar zijn. Overigens wordt al gewerkt aan een schoen-met-pedaal uit één stuk, die de vorm van een ski-schoen schijnt te krijgen.

Al langer bekend zijn de als een tweede huid passende naadloze pakken die de renners dragen. De Amerikanen wilden aanvankelijk hun renners helemaal in schaatspakken kleden, maar dat werd niet toegestaan. Proeven in windtunnels hebben uitgewezen dat dit nog minder luchtweerstand oplevert.

Nu wat levert het allemaal op? Om te beginnen medailles voor de Amerikanen, eindelijk na 72 jaar. Experimenten in de windtunnel laten zien dat dat op zijn minst ook door de snellere fietsen komt. Een standaard-racefiets met een wiel diameter van 680 mm vertoonde bij 48 km·h<sup>-1</sup> een weerstand van 1 kg. Bij een aerodynamische fiets, met dezelfde wielen, was dat al teruggebracht tot 0,7 kg, bij gebruik van de kleinere wielen zelfs tot 0,62 kg. Uiteraard zijn deze resultaten alleen geldig onder de ideale omstandigheden in de windtunnel. De werkelijke uitkomsten in wedstrijden zijn ook afhankelijk van de renner zelf. Men heeft dan ook een psycholoog ingehuurd om de renner mentaal te begeleiden en een fysicus die precies de richting van de trapkracht van de renners meet, om de laatste kleine oneffenheden in de techniek, bijvoorbeeld de houding van de voeten, weg te nemen.

Het onderzoek gaat voorlopig nog door. De hier en daar al toegepaste dichte wielen zullen nog verder ontwikkeld worden. Er

wordt gezocht naar nog lichtere materialen, terwijl ook de oude vertrouwde ronddraaiende trapper wel een tot het verleden zou kunnen gaan behoren. Er

zijn geen plannen bekend voor fietsen die het zonder berijder kunnen.

(New Scientist)

## Oliezuiger

Het Waddengebied is een van de meest kwetsbare natuurgebieden in ons deel van de wereld. Met name bij olierampen is het van belang juist dit gebied adequaat

terstraal. Doordat het voertuig zonder onderbreking van rijden op varen kan overgaan, is het zeer geschikt voor gebruik in het Waddengebied. Als het stilstaat



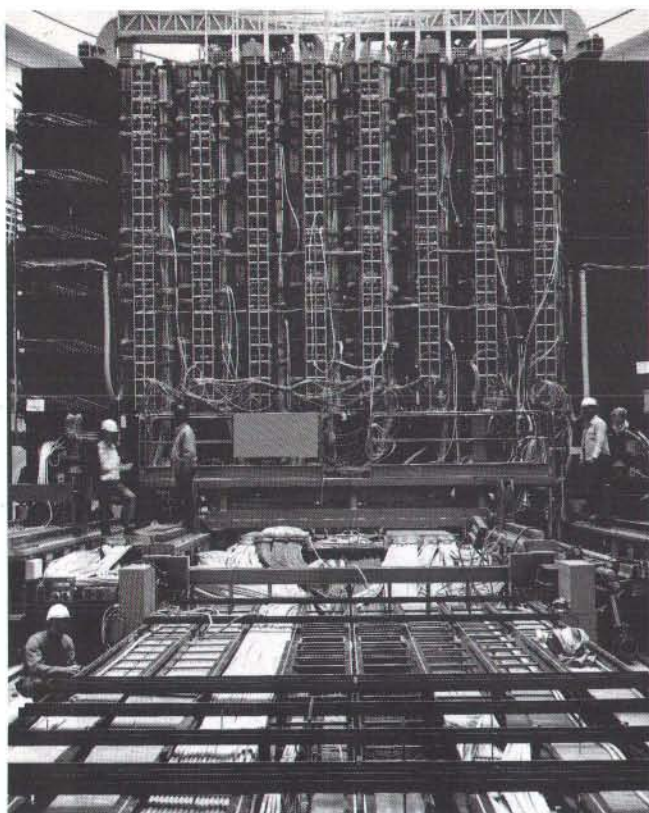
Een tekening van de in aanbouw zijnde oliezuiger. Rechts zijn de drie zuiginstallaties te zien. Op de grote bak links wordt het opgezogen afval verzameld.

te kunnen beschermen. Een belangrijke handicap daarbij is de aard van het 'land'schap: de modderige slikken, de watergeulen daartussen en het steeds wisselende tij. In Duitsland is nu echter het prototype in aanbouw van een voertuig dat speciaal is ontworpen om het wad tegen mogelijke olie vervuiling te beschermen. Het voertuig is in staat hindernissen aan te leggen voor olie-vlekken, het water en de bodem van olie te ontdoen en met olie vervuilde grond af te voeren.

Het gaat (uiteraard) om een amfibievoertuig dat op land op rupsbanden loopt en bij de vaart wordt aangedreven door een wa-

op slikgrond kan men de bakvormige romp laten zakken, het voertuig gaat dan als het ware op zijn buik liggen. Zo wordt voorkomen dat het langzaam wegzakt. Tijdens het rijden op zachte ondergronden kan de druk die de rupsbanden op de bodem uitoefenen gevarieerd worden, zodat de kans dat het voertuig vastloopt gering is. Het voertuig wordt voorzien van speciale apparatuur om met olie vervuilde grond op te zuigen en te reinigen. Daarmee kan maximaal 150 m<sup>3</sup> grond per uur verwerkt worden.

(Persbericht Fried. Krupp GmbH, Essen)



Voor het zoeken naar de kleinste deeltjes zijn de grootste apparaten nodig. Hier wordt de UA-1 detector bij CERN in gereedheid gebracht. Het gevaarte weegt 2000 ton. (Foto: CERN, Genève).

## Top-quark

In artikelen over hoge-energie-fysica hebben wij regelmatig gepubliceerd over de stand van zaken met betrekking tot de fundamentele structuur van materie (zie bijv. M. Veltman, N&T 48, 10, pag. 774). Daarbij gaat het enerzijds om de fundamenteelste bouwstenen, de zgn. elementaire deeltjes, anderzijds om de krachten die deze componenten op elkaar uitoefenen. Bij de krachten tussen 'elementaire' deeltjes spelen de sterke wisselwerkingen (de

kernbindingskrachten), de elektromagnetische wisselwerkingen (de Coulombkracht) en de zwakke wisselwerkingen (de krachten die de kernradioactiviteit veroorzaken) een rol. Onze wereld bestaat uit miljoenen molecuulsoorten, samengesteld met behulp van slechts een honderdtal verschillende atoomsoorten. Ieder atoom vormt een miniaturplanetsysteem met een kern in de rol van de zon en elektronen als planeten. De kern is sa-

mengesteld uit de bekende protonen en neutronen.

Een elektron is volgens de huidige inzichten een echt puntvormig elementair deeltje. Het behoort tot de groep van deeltjes die we de leptonen noemen (een groep waartoe ook het neutrino  $\nu$  behoort) en die geen sterke wisselwerkingen voelen (wel zwakke wisselwerkingen en indien geladen ook elektromagnetische).

Protonen en neutronen hebben wel meetbare afmetingen en zijn opgebouwd uit quarks. Ook deze quarks zijn volgens onze huidige inzichten puntvormig; ze spelen derhalve op dit ogenblik, samen met de leptonen, de rol van de ondeelbare elementaire bouwstenen. Voor het opbouwen van protonen en neutronen hebben we slechts twee quark-soorten nodig, de zgn. up- en down-quarks (symbolen u en d). Protonen en neutronen vormen echter slechts een onderdeel van een veel grotere groep deeltjes die alle de sterke wisselwerkingen voelen, de zgn. hadronen. Uit de grote diversiteit aan hadron-soorten en uit hun onderlinge symmetrie-eigenschappen volgt dat er nog meer quarks moeten bestaan dan alleen de u en d (zie de tabel). De zgn. 'strange' deeltjes impliceren het bestaan van een 'strange' quark of de s-quark. Deze s-quark blijkt ongeveer 25 á 50 maal zwaarder te zijn dan de u- en d-quarks (250 MeV tegen 5 á 10 MeV). De ontdekking van het  $J/\psi$ -deeltje in 1974 wees op het bestaan van een charmed quark, opnieuw ca. 6 maal zwaarder dan de s-quark (1500 MeV tegen 250 MeV). In 1978 tenslotte kwam de ontdekking van de bottom (of beauty) quark bij een nog zwaardere massa (ongeveer 4800 MeV).

Ook de lepton-familie bleek meer leden te tellen dan alleen het e en het  $\nu$  (zie tabel). Er bleek een  $\mu$ -lepton (muon) te bestaan met bijpassend neutrino. (Sindsdien gebruikt men de notatie  $\nu_e$  en  $\nu_\mu$



om beide types neutrino te onderscheiden). In 1975 volgde de ontdekking van het  $\tau$ -lepton. Het erbij behorende  $\nu_\tau$  kon tot op heden niet worden geïdentificeerd maar aan zijn bestaan moet, wegens de symmetrie met  $(e, \nu_e)$  en  $(\mu, \nu_\mu)$ , niet worden getwijfeld. Al vrij spoedig ná de ontdekking van de bottom-quark suggereerde de in de tabel vervatte symmetrie dat er óók nog een  $+2/3$  e quark ontbrak, de zgn. *top* (of truth) quark. Met het bestaan van die quark zou een mooie symmetrische situatie ontstaan: de materie opgebouwd uit 6 types leptonen

perimenteel aangetoond. Deze topquark zou een massa hebben van 30 á 50 GeV, d.w.z. circa tienmaal zwaarder zijn dan de bottomquark. Met deze ontdekking is de tabel (op het  $\nu_\tau$  ná 'vol'). Niet aangetoond daarmee is dat de 'laatste bouwsteen van de natuur' is gevonden, zoals de frontpagina van de NRC d.d. vrijdag 6 juli beweerde. Er zouden best nog meer quark-lepton generaties kunnen bestaan. Volledigheidshalve zij hier ook nog opgemerkt dat deze top-ontdekking niet verward mag worden met de door hetzelfde

## Koud mes

Dank zij een nieuw ontwikkelde lasertechniek wordt het mogelijk om haarscherpe snedes en gaten te maken in organische materialen als biologische weefsels en polymeren. De gangbare lasertypes werken in deze materialen als een bot mes. De energie van infrarode en zichtbare laserstralen wordt er voornamelijk omgezet in warmte, met als resultaat dat het materiaal om het punt waar de laser op gericht is verdampt. De gaten die vallen zijn zodoende veel groter dan de bundelgrootte van de laser.

In deze nieuwe techniek wordt gebruik gemaakt van een hoge-energie UV-laser. De energie van de laserfotonen verbreekt daarbij de moleculebindingen die de grote moleculen met elkaar binden. Een klein restant dat als warmte vrijkomt zorgt ervoor dat zeer kleine fragmenten die daarbij ontstaan, verdampen. Aldus ontstaan heel mooie snedes, omdat alleen molecuulverbindingen verbroken worden op die plaatsen die door de laser getroffen worden. Hoe mooi is te zien aan bijgaande foto van een haar, waar een paar 'happen' uit gesneden zijn. De diepte van de snede is ook eenvoudig in de hand te houden, daar deze recht evenredig is met het aantal pulsen.

Toepassingen van deze techniek worden vooral gezocht in de chirurgie van het oog en bij de productie van chips; het etsen van patronen op het chip-oppervlak wordt er aanzienlijk door vereenvoudigd.

(High Technology)

Links: Heel nauwkeurig zijn door de UV-laser 'happen' uit een haar gesneden.

TABEL Indeling van quarks en leptonen.

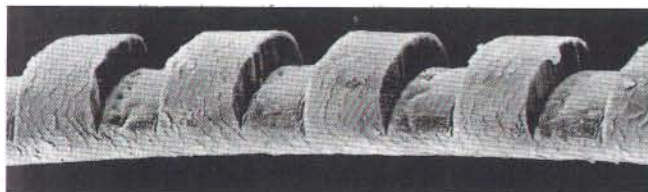
Lading	Generatie			
	(1e)	(2e)	(3e)	
$+2/3$ e	Up	Charmed	Top	Quarks
$-1/3$ e	Down	Strange	Bottom	
$-1$	$e$	$\mu$	$\tau$	Lepton
0	$\nu_e$	$\nu_\mu$	$\nu_\tau$	

en 6 types quarks, ingedeeld in 3 quark-lepton generaties.

Daarbij kon worden vastgesteld dat de symmetrie veel dieper gaat dan alleen het blote aantal componenten. Er bestaan allerlei (grotendeels begrepen) symmetrieën voor de wisselwerkingen tussen deeltjes binnen éénzelfde generatie; daarnaast zijn er ook nog eens (zo goed als) onbegrepen symmetrieën tussen de verschillende generaties onderling. Het bestaan van de topquark is onlangs door een CERN-team ex-

CERN-team ongeveer twee jaar geleden aangetoond bestaan van het W- en Z- deeltje. Bij deze laatste ging het om de massieve deeltjes (bosonen) die door hun uitwisseling de zwakke wisselwerking veroorzaken, precies zoals het (massaloze) foton door zijn uitwisseling elektromagnetische interactie bewerkstelligt. De W en Z zijn derhalve geen bouwstenen maar kwanta van een krachtveld.

Prof.dr. R.T. Van de Walle  
Kath. Universiteit Nijmegen



## Boksen ook gevaarlijk voor publiek

Een Amerikaanse onderzoeker heeft een relatie ontdekt tussen zwaargewicht- bokswedstrijden en moorden. En jawel, in de drie weken na een dergelijk spektakel neemt het aantal moorden met 12,46 procent toe.

David Phillips, een socioloog aan de universiteit van San Diego, had gemerkt dat na de wedstrijd



Ali tegen Frazier: het geweld bleef niet tot de ring beperkt.

tussen Mohammed Ali en Joe Foreman, de moordcijfers in de VS met zowat een kwart de hoogte in schoten. Toen het jaar nadien Mohammed Ali tegen Joe Frazier uitkwam, was er zelfs een stijging met een derde.

Phillips dook toen in de statistieken en legde die naast de data van de bokswedstrijden. Hij ontdekte dat de gemiddelde stijging over de volgende drie weken 12,46 procent was, met een piek op de vierde dag. Hij vond ook nog verbanden met de dag van de week en met het jaargetijde.

(Sciences et Avenir)

## Benzo(a)pyreen, de taboe-stof

Door de bewustwording van de risicofactoren, verbonden aan chemicaliën, zijn de polycyclische aromatische koolwaterstoffen, kortweg PAK's geheten, gaan behoren tot het publiek domein. Al de bekende PAK's, zo'n honderdtal, verwekken immers kanker bij proefdieren.

Deze PAK's zijn alom aanwezig, waar organisch materiaal verbrand of bij hoge temperaturen behandeld wordt. Volledige verbranding van hout, kolen, teer en aardolieprodukten betekent dat alle koolstofatomen omgezet worden tot koolstofdioxide ( $\text{CO}_2$ ) en alle waterstofatomen tot water ( $\text{H}_2\text{O}$ ). In de praktijk echter verlopen verbrandingsprocessen nooit voor 100 procent. En dan komen de PAK's op de propen: bij de drastische temperaturomstandigheden worden organische componenten getransformeerd tot meer stabiele aromaten, ondermeer de PAK's. Hierbij zijn afzonderlijke aromatische kernen, aan elkaar gecondenseerd, wat dan het ontstaan geeft aan buitengewoon resistente verbindingen.

In die taboesfeer rond de PAK's torent het benzo(a)pyreen (BaP) uit als één der gevaarlijkste en meest onderzochte stoffen binnen de groep. Dit BaP, dat overigens op vrij eenvoudige wijze geanalyseerd kan worden, dient bijna als indicator voor PAK-besmetting. BaP is een gele, kristallijne verbinding (smeltpunt  $179^\circ\text{C}$ ) die praktisch niet oplost in water maar zeer goed in organische oplosmiddelen. De grote aandacht voor BaP is terug te voeren tot de onderzoeken naar de kankerverwekkende effecten van sigaretten. Dit BaP werd namelijk als eerste en voornaamste

boosdoener gebrandmerkt in sigarettenrook en -teer. Snel gingen men zich realiseren dat elke soort verbranding BaP kon opleveren. Grootscheeps onderzoek bracht de bevestiging: branden van koffie, roken van vis, barbecuen van vlees, roosteren van graan, telkens wordt BaP geproduceerd. Niet alleen voedingsmiddelen, die rechtstreeks in contact komen met de hitte, zijn een bron van BaP, ook bladgroenten kunnen tamelijke hoeveelheden BaP opslaan, vooral in een omgeving waar de lucht met BaP bezoedeld is. Voornaamste verontreinigingsbronnen zijn: vrachtwagenmotoren, elektriciteitscentrales, vliegtuigmotoren en teerbedrijven.

De hoeveelheden BaP in de lucht variëren sterk per seizoen: in de zomer 1 tot  $5 \text{ ng} \cdot \text{m}^{-3}$  (miljardste gram per kubieke meter) lucht, 's winters oplopend tot 35 ng. In een luchtlaag van 10 km zou aldus boven Nederland en België in totaal tussen 500 en 1000 kg BaP zitten. De individuele inname langs het voedsel en de lucht wordt geschat op 2 à 5  $\mu\text{g}$ .

Er zijn evenwel nog geen aanwijzingen dat deze minime concentraties BaP en PAK's bijdragen tot het ontstaan van kanker bij mensen. Bovendien wordt de werking ervan geblokkeerd door anti-oxyderende stoffen. We hoeven dan ook niet direct in paniek te raken, ondanks alle heisa. Bedenk dat de kankeropstoot bij dieren pas optreedt bij enorme dagelijkse doses, vaak 1000 tot 100000 maal de geschatte maximale opname bij de mens. Wel is voorzichtigheid geboden. Maar voor de sensationele berichten over de aanwezigheid van de taboe-stof BaP in koffie en bier, hoef je echt je kopje troost of glaasje niet te laten.

**Dr. D. De Keukeleire**  
Laboratorium voor  
Organische Chemie  
Rijksuniversiteit Gent



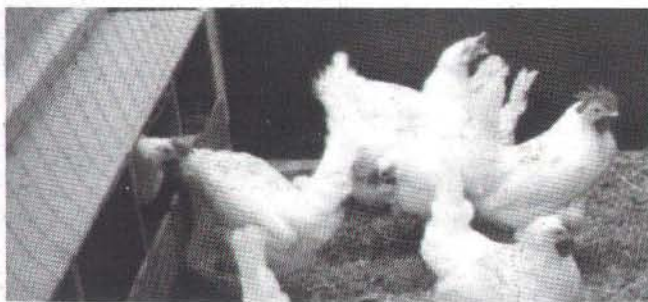
## Kippen willen hun ei 'netjes' kwijt

Een van de belangrijkste bezwaren bij vrije grondhuisvesting (in tegenstelling tot legbatterijen) van leghennen is dat veel eieren buiten de nesten terecht komen. Die eieren zijn meestal van mindere kwaliteit door breuk en vuile schalen. Bovendien veroorzaakt het extra en onaangenaam werk. De Landbouwhogeschool in Wageningen startte daarom in 1981 met het Instituut voor Pluimveeonderzoek Het Spelderholt te Beekbergen een uitgebreid onderzoek naar het leggedrag van leghennen.

De eerste onderzoeksresultaten wijzen erop dat de kippen niet gcharmeeerd zijn van de toepassing

wordt door sociale factoren als de aanwezigheid van een haan.

Het bleek dat de kippetjes pas één dag voor ze aan de leg kwamen, regelmatig het legnest inspecteerden. Als er strooiselnesten werden aangeboden, dan gingen de hennen braaf daarin om hun ei te leggen. Sommige dieren gebruikten steeds hetzelfde legnest, andere gedurende 5 à 10 dagen en weer andere 'deden maar wat' omdat ze waarschijnlijk in hun keus beïnvloed worden door andere dieren. De aanwezigheid van een haan bleek een gunstige invloed te hebben op het in de nesten gaan van de hennen. De haan wijst de hennen door middel van



Grondhuisvesting van kippen is diervriendelijk. De kippen kunnen links in de legnesten hun ei kwijt. Deze opstelling werd in het onderzoek op Het Spelderholt toegepast. (Foto: Afd. Voorlichting, L.H. Wageningen).

van 'wegrolnesten' waarbij het ei onmiddellijk op een lopende band wordt afgevoerd; zij leggen hun ei liever in nesten voorzien van nestmateriaal, bijv. strooisel of houtkrullen.

Mevrouw Piepers, die het onderzoek uitvoert, heeft tot nu toe vooral bestudeerd of de hennen al op zoek zijn naar een nestelplaats in de periode vóórdat ze aan de leg komen, of een hen altijd gebruik maakt van eenzelfde nest en of de nestkeus beïnvloed

bepaald gedrag ('corneren') waar ze hun ei kwijt kunnen.

In een volgende proef werden rol-nesten (kale nesten van gaas zoals in het batterijsysteem) gebruikt. Er werden toen erg veel eieren op de grond gelegd, wel 50 à 60 procent. Dit aantal verminderde als de nesten niet van te voren geïnspecteerd konden worden.

Een eerste conclusie zou kunnen zijn dat de pluimveehouder de kale wegrolnesten pas na het verschijnen van de eerste eieren moet

openen. Duidelijk is ook dat in koppels zonder haan, voorzien van wegrolnesten, meer eieren buiten de nesten terecht komen dan in koppels met haan.

In de Benelux zijn meer dan duizend bedrijven met grondhuisvesting van leghennen. Die kennen het probleem van de buiten-nesteieren maar al te goed. Een oplossing voor dit probleem is dan ook dringend gewenst. Zeker nu het batterijsysteem uit oogpunt van dierlijk welzijn ter discussie staat.

(Nieuws uit Wageningen)

## Panterheup

Kun je een heup verwisselen als die ernstige aandoeningen heeft? En als dat de heup van een panter is? Twee chirurgen van de Universiteit van California te Davis waagden zich eraan. W. Bargar, orthopedisch chirurg en H. Paul, veearts, implanteerden een kunstheupgewricht bij een 45 kg wegende sneeuwpanter. Het beest leed aan een ernstige gewrichtsontsteking. De operatie vond plaats in een dierenziekenhuis in Calgary, Canada.

Het is waarschijnlijk de eerste operatie die wordt uitgevoerd op een dergelijk grote katachtige. De 8-jarige sneeuwpanter 'Cheyenne' van de Calgary Zoo is geen gemakkelijke. Zijn flinke botten, evenals zijn welontwikkelde spieren bezorgden de twee dokters heel wat problemen. Zij zijn immers gewend met mensen of met honden te werken.

Het volgende probleem dient zich echter reeds aan: hoe hou je een panter braaf en zoet de dagen na de operatie?

(New Scientist)

$$2^{251} - 1$$

Het is alweer 340 jaar geleden dat de Franse priester Marin Mersenne beweerde dat het getal  $2^{251} - 1$  geen priemgetal is. Hij verzuimde echter het bewijs te leveren. Niettemin kreeg hij in de vorige eeuw gelijk toen wiskundigen aantoonde dat dit getal deelbaar is door 503 en door 54217. Maar de overige delers, daar kwam men niet uit. Deelt men  $2^{251} - 1$  door 503 en door 54217, dan houdt men een getal over van 69 cijfers, dat weliswaar geen priemgetal is, maar niet via een eenvoudige ontbinding in factoren uiteen te raffen is. Het aflopen van alle mogelijke delers zou een computer ongeveer  $10^8$  jaar kosten.

Toch zijn James Davis en Diane Holdridge van de Sandia National Laboratories in de VS er in geslaagd de delers te vinden. Dank zij een ingenieus zoekprogramma, dat in 32 uur door een grote computer werd afgewerkt, verbeterden zijn het wereldrecord ontbinden in factoren. De vorige

recordhouder had een getal van 67 cijfers ontrafeld. Daarom kan nu in het Guinness Book of Records worden aangetekend dat  $2^{251} - 1 = 503 \times 54217 \times 178\,230\,287\,214\,063\,289\,511 \times 61\,676\,882\,198\,695\,257\,501\,367 \times 12\,070\,396\,178\,249\,893\,039\,969\,681$ .

(Science 84)

## Onderkoeld water

Onderzoekers van de Universiteit van Utah hebben in een wolk waterdruppels waargenomen, die een temperatuur hadden van  $-36^\circ\text{C}$ . Dit is de laagste temperatuur waarbij ooit water in vloeibare vorm is aangetroffen. Deze super-onderkoelde druppels bevonden zich in een cirruswolk van het zgn. poolbandtype, op ca. 8 km boven Boulder, Colorado. Dit wolcentype is herkenbaar door zijn lange witte strengen die zich op zeer grote hoogte (tussen de 6500 en 13000 meter) bevinden. Doorgaans bestaan deze

wolken louter uit ijskristallen. Theoretisch is het mogelijk dat water bij dergelijke lage temperaturen nog vloeibaar is. Water bevriest pas als er een of andere kristallisatiekern aanwezig is, die de stolling op gang brengt. Op de grote hoogten waar deze wolken voorkomen, is de lucht zo schoon dat dergelijke kernen (bijvoorbeeld stofdeeltjes) er ontbreken. Het onderzoek van de meteorologen uit Utah spitst zich toe op de eigenschappen van cirruswolken en hun rol bij veranderingen in het klimaat.

Bij hun onderzoek maakten ze gebruik van een laserradarsysteem, waarmee de polariteit van laserlicht dat de wolk terugkaatst gemeten wordt. Deze polariteit verandert bij verschillende soorten ijskristallen en bij vloeibaar water. Ook bevat het teruggekaatste licht informatie over de verdeling van kristallen over de wolk. Daarnaast hadden zij de beschikking over een straaljager, die was uitgerust met speciale meetapparatuur om de concentratie en de grootte van ijskristallen en waterdruppels in een wolk te meten.

Tijdens metingen aan een wolk, oktober vorig jaar, ontdekten de onderzoekers onderaan een bijna 2 km dikke wolk, een dunne laag vloeibaar water. Deze meting vanaf de grond werd bevestigd door meting vanuit het vliegtuig. Aan de onderkant van de wolk mat men ca. 130 druppels per  $\text{cm}^3$ , bij een temperatuur  $-36^\circ\text{C}$ . Het onderzoek is van belang, omdat deze hoge bewolking grote invloed heeft op de hoeveelheid straling die de aarde bereikt en daardoor op de temperatuur in de atmosfeer. Wolken die louter uit ijskristallen bestaan hebben in dit opzicht andere eigenschappen dan wolken waar ook waterdruppels in voorkomen.



Cirruswolken van het poolbandtype waarin sterk onderkoeld water gevonden is. (Foto: KNMI).

(Persbericht National Science Foundation)



## Dubbelzinnige bacteriën

Kunnen *Rhizobium*-bacteriën, vanouds bekend als uiterst nuttige stikstofbinders in vlinderbloemige planten, ook de stikstoffixatie te niet doen? Recent Nieuwzeelands onderzoek aan de Universiteit van Waikato en het Ruakura Research Centrum wijst erop dat bepaalde *Rhizobia* inderdaad tot denitrificatie in staat zijn: in aanwezigheid van zuurstof en in hoeveelheden die de klassieke stikstofbinding evenaart. Dr. Roy Daniel, een van de projectleiders, meent dat dit aspect op wereldschaal veel te weinig aandacht krijgt.

Overall ter wereld worden fondsen aangewend voor studie van het nut van bacteriën die in symbiose met plantewortels leven. Ze kunnen immers het onbeperkt voorradige stikstofgas uit de lucht omzetten in  $\text{NH}_3$ . (Dat wordt vervolgens door andere alom tegenwoordige bacteriën omgezet in  $\text{NO}_3^-$ , een bouwsteen voor planten.) Vooral *Rhizobium* soorten, in wortelknolletjes van vlinderbloemige planten, leggen stikstof vast, 'fixeren' het. Op van nature stikstofarme, of uitgeputte bodems past men deze kennis toe bij het opnemen van bijv. erwten en sojabonen in vruchtwisseling-cycli, via groenbemesting met bijv. wikke, en door het 'infecteren' van weiland met klaversoorten.

Dat laatste wordt in Nieuwzeelands heuvelland op stikstofarme, vulkanische asbodems veel toegepast. Op korte termijn heeft het overzaaien van grasland met *Lotus pedunculatus* (een rolklaver), dat met *Rhizobium lupini* geïnoculeerd is, een positief effect: de symbiose leidt tot een natuurlijke bemesting van de bodem, dus stimuleert de grasgroei. Het effect op langere termijn is

echter minder bekend. Sommige *Rhizobia* blijken niet alleen in symbiose, maar ook vrij in de bodem te kunnen leven. Ze gedragen zich daar wel anders dan in de wortelknolletjes. In plaats van stikstof te fixeren, blijken ze het *denitrificatieproces* uit te voeren: ze zetten gebonden stikstof om in de (ontsnappende) gassen stikstof en distikstofmonoxide ( $\text{N}_2\text{O}$ ), zie fig. 1.

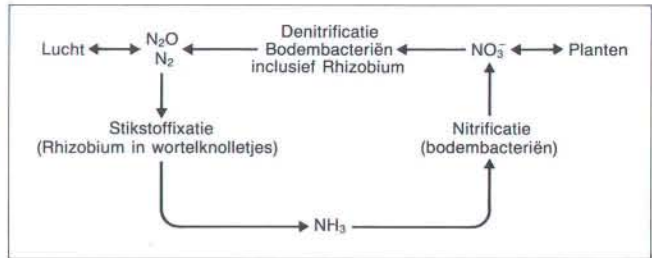


Fig. 1. De drie stappen in deze stikstofkringloop worden van nature geheel door bacteriën uitgevoerd.

Het onderzoeksteam uit Hamilton beschikte al enige tijd over gegevens dat bepaalde stammen van de genoemde bacteriesoort in het laboratorium  $\text{N}_2\text{O}$  konden vormen, zowel in vloeistofcultuur als in bodemmonsters. Hun laatste artikel (in *Soil Biology and Biochemistry*) beschrijft nu ook rhizobiële denitrificatie 'in het veld'.

Het is al lang bekend dat vele bacteriesoorten stikstof uit de bodem doen ontsnappen, al gebeurt dat meestal in afwezigheid van luchtzuurstof (bijv. in bodems die dichtgeslagen zijn door aanhoudende regen, enz.). Dat nu juist gerenommeerde stikstofbinders tot hetzelfde in staat zijn, geeft te denken; vooral omdat de hoeveelheid stikstof die de vrije bacteriën in de lucht doen op-

gaan, in dezelfde orde van grootte ligt als hun symbiotische stamgenoten kunnen vastleggen.

De gevolgen kunnen verstrekkend zijn. De enorme schaal waarop vlinderbloemigen in de agrarische sector worden gecultiveerd heeft ongetwijfeld geleid tot grote toename van vrijlevende *Rhizobia* in de bodem. Als het merendeel van deze organismen inderdaad  $\text{N}_2\text{O}$  produceert, wordt niet alleen het leven van de boer verzuurd. Stikstofoxiden zijn immers beschreven als de boosdoeners van ozonlaag-aantasting, temperatuur-toename op

**Drs. Jaap A. Jasperse**

Auckland,  
Nieuw Zeeland



## De vliegende windmolen

Wij allen kennen de eschdoornvleugeltjes: het zaadje draagt een vleugeltje, waardoor het in draaiende beweging langzaam op den grond neerdaalt. Dit principe is toegepast bij het autogiro vliegtuig, het levenswerk van Juan de la Cierva.

Dit toestel heeft slechts den romp, den motor en het landingstoestel gemeen met een gewoon vliegtuig; het bezit echter geen vleugels, terwijl de staartvlakken, welke bij een gewoon toestel voor de besturing dienen, niet beweegbaar zijn. De lift wordt verkregen door een rotor, bestaande uit drie smalle wiken, ca.  $5\frac{1}{2}$  meter lang, die ook wat hun profiel betreft, op dezelfde wijze zijn geconstrueerd als vliegtuigvleugels. Deze drie wiken zijn aan een gemeenschappelijke as bevestigd en draaien in een horizontaal vlak boven den romp.

Deze wiken zijn echter niet vast, doch door middel van kogelgewrichten met nokken aan de as verbonden, waardoor elke wiek én in horizontale én in verticale richting eenige graden speling heeft. Juist deze kleinigheid vormt het belangrijkste punt van de la Cierva's vinding. Wat is nl. het geval? Zooals reeds gezegd, wordt de lift van het vliegtuig verkregen door het draaien van de wiken; het toestel hangt dus als het ware aan de as van deze wiken. Beweegt het toestel zich nu vooruit, dan zal op een gegeven oogenblik de eene wiek zich met de vlieg-richting mee bewegen, terwijl de tweede wiek zijn baan tegen de vlieg-richting in beschrijft. De snelheid van de een wiek wordt dus ten opzichte van de omringende lucht vermeerderd met de vliedsnelheid, terwijl de snelheid van de andere wiek juist met deze vliedsnelheid verminderd wordt. Zouden de wiken nu vast aan de as verbonden zijn, dan heeft de eerste wiek een grootere lift (grootere snelheid) dan de tweede wiek, met het gevolg dat het toestel neiging zou vertoonen om te kantelen, afgezien nog van het feit, dat de wiken zouden kunnen breken door de afwisselend hierop werkende krachten.

Het voordeel van een rotortoestel tegenover een vleugeltoestel is dus, dat de lift van het toestel

voor het grootste gedeelte onafhankelijk is van de voorwaartsche snelheid. Zoo is bijv. de snelheid van de C 30a ten opzichte van de lucht regelbaar tusschen 177 km en 24 km per uur. Zelfs bij een zoo kleine snelheid als 24 km per uur blijft het toestel nog even goed bestuurbaar.

Noot van de redactie. De eerste bruikbare helikopter werd pas drie jaar later, in 1937, gebouwd.



## De techniek van de haarverzorging

Wanneer het haar door een voorafgaande alcalische wassching niet al te sterk ontvet is of wanneer men het niet van te voren tegen de hitte beschermd heeft door het een bepaalde oliebehandeling te doen ondergaan, zal een verwarming van  $65^{\circ}\text{C}$  geen nadeeligen invloed op het haar hebben. Een temperatuur, die de grens nadert, waarbij eiwitten stollen, is niet schadelijk voor het haar. Wordt deze grens echter overschreden, dan wordt het bros en breekt gemakkelijk af, op dezelfde wijze, maar nog veel sneller zelfs, dan wanneer het door te sterk alcalische zeepen is beschadigd ...

Aangezien de verschillende methoden van haarkrullen slechts een tijdelijk effect geven, en haar, dat van nature stijl is, oogenblikkelijk zijn krul verliest wanneer het aan een vochtige omgeving wordt blootgesteld, heeft de moderne techniek gezocht naar een methode om, zonder het haar al te veel te beschadigen, er een blijvende krul in aan te brengen. Dit geschiedt met onze tegenwoordige „permanent hairwaving” toestellen. Verschillende systemen zijn daarvoor in den handel gebracht. Sommige werken met electriciteit, ander constructeurs geven er de voorkeur aan, deze verhitting te bewerkstelligen door ongebluschte kalk in verbinding te brengen met water.







# BIJ KANKERBESTRIJDING TELT ELKE DAG EN ELKE CENT.

Al vijfendertig jaar is het Koningin Wilhelmina Fonds actief op het gebied van de kankerbestrijding.

Het Fonds heeft daarbij altijd kunnen rekenen op financiële steun van de hele Nederlandse bevolking.

Voor de werkzaamheden van het Koningin Wilhelmina Fonds is dit jaar 48,4 miljoen gulden begroot. Daarom doet het Fonds in deze weken weer een beroep op u. Ons verzoek: geef weer gul. Want elke dag telt. En elke cent.

*Geef  
weer  
gul.*



**KANKERBESTRIJDING.  
JE KAN EN MAG ER NIET OMHEEN.**

Koningin Wilhelmina Fonds voor de Kankerbestrijding.  
Tel. 020-640991. Bankrekening: 70.70.70.007.